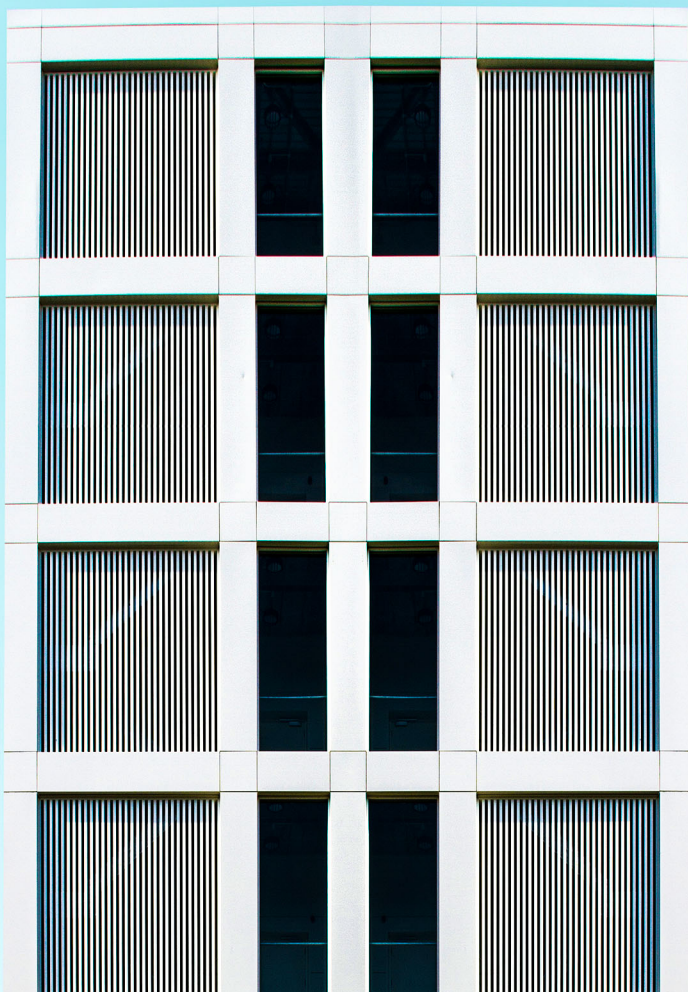


**PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES**  
SISTEMAS CONSTRUTIVOS E ENGENHARIA DIAGNÓSTICA: ESTUDOS DE CASOS



# *PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES*

*SISTEMAS CONSTRUTIVOS E ENGENHARIA DIAGNÓSTICA:  
ESTUDOS DE CASO*

*Organização*  
**Neusa Maria Bezerra Mota**

**Brasília  
2019**



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - UniCEUB**

**Reitor**

Getúlio Américo Moreira Lopes

**Diretor Acadêmico**

Carlos Alberto da Cruz

**INSTITUTO CEUB DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO - ICPD**

**Diretor**

João Herculino de Souza Lopes Filho

**Diretor Técnico**

Rafael Aragão Souza Lopes

Documento disponível no link

[repositorio.uniceub.br](http://repositorio.uniceub.br)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Projeto, execução e manutenção de edificações: sistemas construtivos e engenharia diagnóstica: estudos de caso / organizador, Neusa Maria Bezerra Mota – Brasília: UniCEUB : ICPD, 2019.

730 p.

ISBN 978-85-7267-040-1

1. Engenharia Civil. I. Centro Universitário de Brasília. II. Título.

CDU 624.04

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Reitor João Herculino

Centro Universitário de Brasília – UniCEUB

SEPN 707/709 Campus do CEUB

Tel. (61) 3966-1335 / 3966-1336

# SUMÁRIO

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: ESTUDO DE CASO – LAJE DE UM APARTAMENTO DA ASA NORTE EM BRÁSÍLIA-DF .....	06
--	----

*LUCAS DIEGO OLIVEIRA LIMA; JULIANO RODRIGUES DA SILVA*

ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DE USO DO BRISE–SOLEIL COMO SISTEMA DE CONTROLE TERMAL DE UMA FACHADA .....	25
--	----

*DIEGO DE MIRANDA MARIATH GOMES; MAIRTON HOLANDA*

ANÁLISE DO PROJETO, EXECUÇÃO E RUÍNA DE CONTENÇÃO EM SOLO GRAMPEADO .....	46
---	----

*RENATO FERREIRA LIMA; MARCO AURÉLIO SOUZA BESSA*

ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE TRINCAS E FISSURAÇÕES EM EDIFICAÇÕES: ESTUDO DE CASO EM RESIDÊNCIA NA CIDADE DE CARDOSO MOREIRA, RJ .....	114
--	-----

*NATHALIA FERNANDEZ P. M. CHAVES; JORGE ANTÔNIO DA CUNHA OLIVEIRA*

ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA DE SISTEMA CONSTRUTIVO: ALVENARIA CONVENCIONAL X PRÉ-MOLDADO CIMENTÍCIO, CASO CONDOMÍNIO ALTO DA BOA VISTA, SOBRADINHO – DF .....	159
--	-----

*SÂMYA GOMES VELOSO; ANTÔNIO DA CRUZ OLIVEIRA*

ANÁLISE QUANTITATIVA DE ESTRUTURAS SIMILARES EM CONCRETO ARMADO UTILIZANDO A METODOLOGIA GDE/UNB: ESTUDO DE CASO .....	184
--	-----

*RÁYSSON FERREIRA TELES; IRENE DE AZEVEDO LIMA JOFFILY*

ANÁLISE, DIAGNÓSTICO E METODOLOGIA DE REPARO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS: ESTUDO DE CASO EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL NA CIDADE DE GUARUJÁ-SP .....	218
---	-----

*GUILHERME GONZAGA PEREIRA; NIELSEN JOSÉ DIAS ALVES*



<b>APLICAÇÃO DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS PARA  AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ESTRUTURAL: ESTUDO DE  CASO DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM ÁGUAS CLARAS – DF</b> .....	259
<i>PAULO HENRIQUE ALVES RODRIGUES; JORGE OLIVEIRA</i>	
<b>APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE INSPEÇÃO PREDIAL NA  AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM SISTEMA  ESTRUTURAL E DE VEDAÇÃO DE CASA EM VICENTE PIRES</b> .....	279
<i>PAULA RIOS PAIVA KANNO; ANTÔNIO DA CUNHA OLIVEIRA</i>	
<b>IDENTIFICAÇÃO DE ANOMALIAS DE INFILTRAÇÃO EM  RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR: ESTUDO DE CASO .....</b>	322
<i>JÚLIA CUNHA VASCONCELOS; IRENE DE AZEVEDO LIMA JOFFILY</i>	
<b>IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS DE SEGURANÇA E PROTEÇÃO  CONTRA INCÊNDIOS EM EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS E  PATRIMONIAIS .....</b>	357
<i>JULIANA DE SOUSA LINDGREN ALVES; JOÃO QUEIROZ KRAUSE</i>	
<b>INFLUÊNCIA DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS NA  PROPAGAÇÃO DE UM INCÊNDIO .....</b>	390
<i>MARIANA PEREIRA GEREZ; EDUARDO LOUREIRO</i>	
<b>INSPEÇÃO PREDIAL COMO FERRAMENTA ESTRATÉGICA PARA  VERIFICAR OS NÍVEIS DE DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES</b> .....	437
<i>MAXWELL DE ARANDAS PIMENTEL; NEUSA MARIA BEZERRA MOTA</i>	
<b>LEVANTAMENTO DOS HANGARES DO AEROPORTO  INTERNACIONAL DE BRASÍLIA: ELABORAÇÃO DE ROTEIRO DE  INSPEÇÃO .....</b>	517
<i>BRUNO DE JESUS OLIVEIRA; WILLIAM OLIVEIRA BESSA</i>	

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAREDES DE ALVENARIA:  
CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DE FISSURAS EM FACHADAS DE  
EDIFICAÇÕES ..... 547**

*PAULO MAURÍCIO PINHEIRO; NIELSEN JOSÉ DIAS ALVES*

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PILARES ..... 569**

*ADRIANA OLIVEIRA DA COSTA DE SOUZA; NIELSEN JOSÉ DIAS ALVES*

**PERFORMANCE ACÚSTICA DO SISTEMA DE VEDAÇÃO EM  
BLOCO DE CONCRETO PREENCHIDO COM ARGAMASSA:  
ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÃO HABITACIONAL ..... 596**

*CLARICE CAVALCANTE DAGA; NEUSA MARIA BEZERRA MOTA*

**PLANO DE MANUTENÇÃO, OPERAÇÃO E CONTROLE PARA  
CLÍNICA DE HEMODIÁLISE ..... 623**

*MARCOS PAULO ELIAS DE MOURA; NEUSA MARIA BEZERRA MOTA*

**RESPONSABILIDADE TÉCNICA EM VIRTUDE DE UM DANO  
CAUSADO POR FENÔMENO NATURAL EM OBRA DE  
REVITALIZAÇÃO NA REGIÃO ADMINISTRATIVA VICENTE PIRES,  
DF ..... 664**

*ANA CAROLINE DE LIMA GOMES; GUSTAVO LIMA BRAGA*

**TECNOLOGIA DE TRATAMENTOS DE FISSURAS EM FACHADAS  
DE REVESTIMENTO EM PINTURA: UM ESTUDO DE CASO  
..... 684**

*CHARLES NUNES BORDUNI; NIELSEN JOSÉ DIAS ALVES*

**UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS E SEMI-  
DESTRUTIVOS NA AVALIAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO  
ARMADO EM EDIFÍCIOS ..... 711**

*RAYSSA GOMES RODRIGUES; NEUSA MARIA BEZERRA MOTA*

# ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: ESTUDO DE CASO – LAJE DE UM APARTAMENTO DA ASA NORTE EM BRASÍLIA-DF

## ANALYSIS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS: CAZE STUDY – THE LAW OF A NORTH WING APARTMENT IN BRASÍLIA- DF

Lucas Diego Oliveira Lima<sup>1</sup>  
Juliano Rodrigues da Silva

### RESUMO

Esta pesquisa aborda soluções para reabilitação de estruturas deterioradas tendo como objetivos identificar as manifestações patológicas e apresentar opções de recuperação que se adequem aos parâmetros normativos. Foi disponibilizado como parte da documentação técnica o “Parecer técnico sobre adequação da estrutura devido a solicitação de carregamento da reforma” e “projeto de reforço laje e viga” ambos de autoria da empresa Kali Engenharia Ltda e anexos ao final deste relatório. Recuperação de estruturas de concreto armado é na maioria das vezes encarado como algo desafiador devido aos problemas que apresentam, sanar as manifestações patológicas e devolver as características do elemento é sempre um projeto único, de extrema responsabilidade e competência. O emprego de tecnologias é cada vez mais empregado nos reparos de edificações de forma a acelerar o processo e torná-lo mais eficiente. O trabalho apresenta quais tecnologias podem ser aplicadas quanto a recuperação de estruturas de concreto, os métodos utilizados e propõe soluções que se adequem a custo, conforto e segurança.

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado ao Centro Universitário (UniCEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Projeto, Execução e Manutenção de Edificações, sob orientação do Prof. Dr. Juliano Rodrigues da Silva

**Palavras-chave:** Inspeção visual. Concreto armado. Manifestações Patológicas. Recuperação de Estruturas.

## ABSTRACT

We will have poor prospects for the rehabilitation of structures aimed at identifying pathological manifestations, the recovery options that fit the normative parameters and the available project. In accordance with the technical part of the upgrade process, the company's engineering design quality enhancement project and civil engineering and civil engineering and civil engineering and engineering reinforcement projects were submitted at the end of this report. The recovery of armed-weight structures is often viewed as challenging because of the problems they present, such as pathological and devolutive manifestations as features of the component is always a unique project of extreme responsibility and competence. Editing software is always available in building repairs to speed up and become more efficient. The data box type is the data processing capacity, efficiency, and effectiveness of a data solution.

**Keywords:** Visual inspection. Reinforced concrete. Pathological manifestations. Structural Recovery

## 1 INTRODUÇÃO

O trabalho com estruturas de concreto se torna muito relevante para o Brasil no período onde temos enfaticamente a necessidade de reforços em nossas construções de pequeno, médio e grande porte. Fica evidente a necessidade de reabilitação das estruturas com os noticiários de viadutos se rompendo, como o caso do Viaduto do Eixo Sul em Brasília ou deslocamento de parte do viaduto da marginal pinheiros de são Paulo.

Apresenta-se aqui método de análise eficiente como o método de inspeção visual, que implica na mensuração de danos superficiais das peças de concreto analisado. Objetiva-se mostrar a viabilidade de muitas recuperações de construções, sejam elas públicas ou privadas, juntamente com impacto que isto pode causar positivamente a toda a comunidade seguindo todos os parâmetros estabelecidos pela as normas atuais.

O presente documento objetiva também identificar, através de visita in loco e fotografias, as anomalias presentes no apartamento 602 do edifício Maison Dor em Brasília-DF, registrar a evolução quanto ao tratamento das manifestações patológica seguindo projeto de reforço estrutural disponibilizado. Antes de atingir o produto

final são feitas definições gerais de conceitos quanto a inspeção visual, suas normas e métodos conhecidos.

## **2 CONCEITOS E DEFINIÇÕES**

### **2.1 Classificação do nível de inspeção**

De acordo com a Norma de Inspeção Predial Nacional do IBAPE (Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia) de 2012, a Inspeção Predial é classificada quanto a sua complexidade e elaboração de laudo, consideradas as características técnicas da edificação, manutenção e operação existentes e necessidade de formação de equipe multidisciplinar para execução dos trabalhos. Os níveis de inspeção predial podem ser classificados em 3 níveis.

**Nível 1** – Inspeção Predial realizada em edificações com baixa complexidade técnica, de manutenção e de operação de seus elementos e sistemas construtivos. Normalmente empregada em edificações com planos de manutenção muito simples ou inexistentes. A Inspeção Predial nesse nível é elaborada por profissionais habilitados em uma especialidade.

**Nível 2** – Inspeção Predial realizada em edificações com média complexidade técnica, de manutenção e de operação de seus elementos e sistemas construtivos, de padrões construtivos médios e com sistemas convencionais. Normalmente empregada em edificações com vários pavimentos, com ou sem plano de manutenção, mas com empresas terceirizadas contratadas para execução de atividades específicas como: manutenção de bombas, portões, reservatórios de água, dentre outros. A Inspeção Predial nesse nível é elaborada por profissionais habilitados em uma ou mais especialidades.

**Nível 3** – Inspeção Predial realizada em edificações com alta complexidade técnica, de manutenção e operação de seus elementos e sistemas construtivos, de padrões construtivos superiores e com sistemas mais sofisticados. Normalmente empregada em edificações com vários pavimentos ou com sistemas construtivos com automação. Nesse nível de inspeção predial, obrigatoriamente, é executado na edificação uma manutenção com base na ABNT NBR 5674. Possui, ainda, profissional habilitado responsável técnico, plano de manutenção com atividades

planejadas e procedimentos detalhados, software de gerenciamento, e outras ferramentas de gestão do sistema de manutenção existente. A Inspeção Predial nesse nível é elaborada por profissionais habilitados e de mais de uma especialidade. Nesse nível de inspeção, o trabalho poderá ser intitulado como de Auditoria Técnica.

Levando em consideração esses conceitos, o nível de Inspeção utilizado para o presente relatório foi o **Nível 2**.

## 2.2 Classificação das anomalias e falhas

Também de acordo com a Norma de Inspeção Predial Nacional do IBAPE de 2012, as anomalias e falhas constituem não conformidades que impactam na perda precoce de desempenho real ou futuro dos elementos e sistemas construtivos, e redução de sua vida útil projetada. Podem comprometer, portanto: segurança; funcionalidade; operacionalidade; saúde de usuários; conforto térmico, acústico e lumínico; acessibilidade, durabilidade, vida útil, dentre outros parâmetros de desempenho definidos na ABNT NBR 15575, Edifícios habitacionais – desempenho (2013).

As não conformidades podem estar relacionadas a desvios técnicos e de qualidade da construção e (ou) manutenção da edificação. Podem, ainda, não atender aos parâmetros de conformidade previstos para os sistemas construtivos e equipamentos instalados, tais como: dados e recomendações dos fabricantes, manuais técnicos em geral, projetos e memoriais descritivos, normas, etc.

As anomalias podem ser classificadas em:

- **Endógena (En):** Originaria da própria edificação (projeto, materiais e execução);
- **Exógena (Ex):** Originaria de fatores externos a edificação, provocados por terceiros;
- **Natural (N):** Originaria de fenômenos da natureza;
- **Funcional (F):** Originaria da degradação de sistemas construtivos pelo envelhecimento natural e, consequente, término da vida útil;

- **Nenhum (Ñ):** Nenhuma das anteriores.

Já as falhas podem ser classificadas em:

- **De planejamento:** Decorrentes de falhas de procedimentos e especificações inadequados do plano de manutenção, sem aderência a questões técnicas, de uso, de operação, de exposição ambiental e, principalmente, de confiabilidade e disponibilidade das instalações, consoante a estratégia de Manutenção. Além dos aspectos de concepção do plano, há falhas relacionadas às periodicidades de execução.
- **De execução:** Associada à manutenção proveniente de falhas causadas pela execução inadequada de procedimentos e atividades do plano de manutenção, incluindo o uso inadequado dos materiais.
- **Operacionais:** Relativas aos procedimentos inadequados de registros, controles, rondas e demais atividades pertinentes.
- **Gerenciais:** Decorrentes da falta de controle de qualidade dos serviços de manutenção, bem como da falta de acompanhamento de custos da mesma.

## 2.3 Classificação do grau de risco

O critério de classificação das anomalias e falhas existente na edificação, e constatadas em uma inspeção predial, considerado o risco oferecido aos usuários, ao meio ambiente e ao patrimônio, dentro dos limites da inspeção predial, de acordo com a Norma de Inspeção Predial Nacional do IBAPE de 2012, são classificadas nos seguintes graus de risco: crítico, médio e mínimo.

- **Crítico (C):** Risco de provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e do meio ambiente; perda excessiva de desempenho e funcionalidade causando possíveis paralisações; aumento excessivo de custo de manutenção e recuperação; comprometimento sensível de vida útil;

- **Médio/Regular (R):** Risco de provocar a perda parcial de desempenho e funcionalidade da edificação sem prejuízo à operação direta de sistemas, e deterioração precoce;
- **Mínimo (M):** Risco de causar pequenos prejuízos à estética ou atividade programável e planejada, sem incidência ou sem a probabilidade de ocorrência dos riscos críticos e regulares, além de baixo ou nenhum comprometimento do valor imobiliário;
- **Nenhum (N):** não oferece risco.

Portanto, cada falha ou anomalia foi identificada na edificação e, considerados os conceitos apresentados, classificadas de acordo com o grau de risco que oferece.

### 3 CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

A edificação faz parte de um conjunto de blocos de destinação residencial, situada no SQN 710, Bloco B, Asa Norte, Brasília, DF.

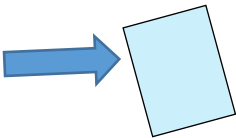
Foram disponibilizados como parte da documentação técnica o “Parecer técnico sobre adequação da estrutura devido a solicitação de carregamento da reforma” e “projeto de reforço laje e viga” ambos de autoria da empresa Kali Engenharia Ltda e anexos ao final deste relatório, em anexo.



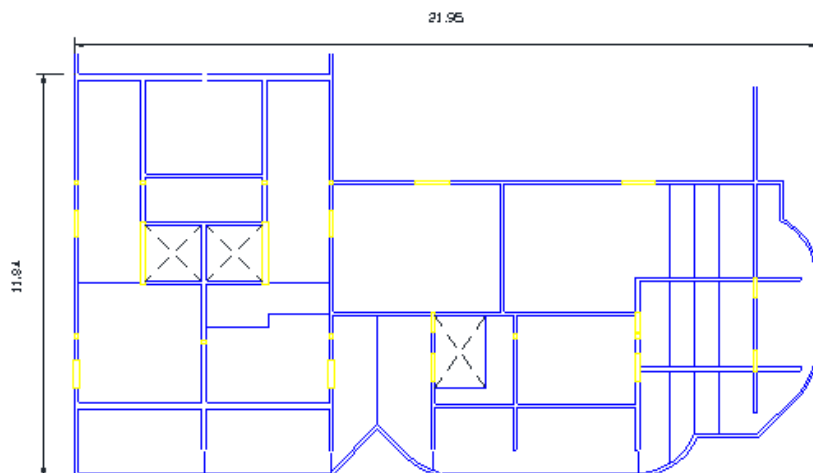
Figura 1 - SQN 310 da Asa Norte



Fonte: Google Earth, 2019



A inspeção foi realizada no 6º pavimento do Bloco B, especificamente no sistema estrutural. A planta de layout na figura 02 mostra a disposição do apartamento composto, basicamente, por salas, quartos, banheiros e escada.

**Figura 2** - Planta de layout do 6º pavimento

Fonte: (Kali Engenharia, 2019)





## 4 RESULTADOS

As inspeções foram realizadas entre os dias 25 de março a 15 de abril de 2019, no período vespertino. Os resultados obtidos são apresentados a seguir, organizado por etapas, assim discriminados.

A etapa 01 se resume na inspeção de todas as manifestações patológicas conforme indicado no projeto de reforço estrutural em anexo, conforme as tabelas 01 03, e preparação para a execução do processo de recuperação como o escoramento de área com carga atuante crítica.

Na etapa 02 é apresentado o procedimento de reforço e recuperação dos elementos estruturais conforme o projeto e a estrutura após o tratamento das manifestações patológicas, liberando o espaço para execução de acabamento fino.

Tabela 01 - Etapa 01

Nível de Inspeção: 2	Ap. 602	Estrutural
		
3. Armação exposta	2. Armação exposta	
		
3. Furo em laje não tratado	4. Escoramento	
Conformidade: NC	Grau de Risco: Crítico	Anomalia: Endógena

Fonte: Autoria própria (2019).

Tabela 02 - Etapa 01

Nível de Inspeção: 2	Cobertura	Estrutural
		
4. Vista da sala	5. Armadura corroída	
		
6. Armação exposta/corroída	7. Escoramento	
Conformidade: NC	Grau de Risco: Crítico	Anomalia: Endógena

Fonte: Autoria própria (2019)



Tabela 03 - Etapa 01

Nível de Inspeção: 2	Ap. 602	Estrutural
		
8. Escada	2. Vista da sala	
		
9. Banheiro	10. Sauna	
Conformidade: NC	Grau de Risco: Mínimo	Anomalia: Endógena

Fonte: Autoria própria (2019).

A partir da finalização da primeira etapa, tendo o escoramento disposto de forma a atender as solicitações atuais e futuras, iniciou-se a limpeza da laje de cobertura onde será refeito parte de um elemento estrutural.

Então, após limpeza, foram executadas a armação da laje e a locação dos pontos de esgoto, e logo após, liberação para a concretagem, sendo optado por uso de concreto convencional, a tabela 04 apresenta a execução da etapa descrita. O projeto em anexo exigiu  $f_{ck}$  mínimo de 30MPa, que foi executado no dia 04 de abril de 2019, sendo necessária a utilização de bomba com alcance de 43 metros devido à complexidade do lançamento.

Tabela 04 - Etapa 02

Nível de Inspeção: 2	Cobertura	Estrutural
		
11. Reforço de laje	12. Armação da cobertura	
		
3. Concretagem da cobertura	4. Bomba de lançamento de concreto	
Conformidade: C	Grau de Risco: Mínimo	Anomalia: Não Identificada

Fonte: Autoria própria (2019)

As imagens a seguir demonstram o elemento de laje da cobertura executado, ainda passando por processo de cura afim de ganhar a resistência adequada.

Tabela 05 - Etapa 02

Nível de Inspeção: 2	3º pavimento	Estrutural
		
1. Cura do concreto		2. Cura do concreto
Conformidade: C	Grau de Risco: Mínimo	Anomalia: Não Identificada

Fonte: Autoria própria (2019)

O processo de recuperação de estruturas de concreto armado demanda meticuloso trabalho, devido a técnica aplicada em cada caso. Será descrito aqui o método utilizado para a recuperação da laje na face inferior.

Primeiramente foram identificadas todas as manifestações patológicas, como demonstrado no início deste capítulo e apresentado no parecer técnico em anexo. Posteriormente tratou-se o concreto e expôs a armadura com a finalidade de limpar as que apresentavam sinais de corrosão, conforme ilustrado na figura 03.



**Figura 03** – Exposição da armadura



Fonte: (Weber Saint-Gobain, 2017)

Após a retira do concreto, deixando as barras corroídas com 2 cm livre em seu contorno (WEBER, 2017), notou-se diferentes níveis de degradação. Toda a armadura passou por processo de limpeza com uso de escova de aço e proteção com uso de agentes anticorrosivos com intuito de expelir todos os agentes corrosivos presentes, ilustrado na figura 04. Ao fim de cada limpeza, a barra foi analisada pelo engenheiro responsável para verificar a necessidade de troca da peça. Quando se notou perda de seção transversal maior que 15% foi executado a inserção de elemento suplementar, afim de recuperar o sistema estrutural do apartamento conforme indicado pela Reitec Engenharia. A barra de aço suplementar deve ser inserida com aumento de comprimento e ancoragem conforme a NBR 6118 (2014) – Projeto de Estruturas de Concreto – procedimento.

**Figura 04** – Exposição da armadura



Fonte: (Weber Saint-Gobain, 2017)

Para a execução da recomposição do concreto, se fez necessário o uso de material específico para este tipo de tratamento, que assim como todo o processo de recuperação, exige um rigoroso processo de execução. Foi necessário que o local onde foi aplicada a argamassa estrutural esteja limpo, sem agentes que possam afetar a aderência do produto, também é preciso umedecer o local até que se atinja condição de “saturada e seca”, só então está liberada para aplicação. Afim de fortalecer a ponte de aderência foi utilizado um adesivo plástico cerca de 5 (cinco) minutos antes da aplicação da argamassa.

Assim como o concreto, a argamassa estrutural exige um processo de cura para garantir a resistência adequada. Abaixo, na tabela 06, são apresentadas imagens dos locais que passaram pelo procedimento descrito acima.

Tabela o6 - Etapa o2

Nível de Inspeção: 2	3º pavimento	Estrutural
		
1. <i>Reparo de laje</i>	2. <i>Reparo de laje</i>	
		
3. <i>Reparo de laje</i>	4. <i>Reparo de laje</i>	
Conformidade: NC	Grau de Risco: Crítico	Anomalia: Endógena
Obs.: os danos após recuperação atingem, a princípio, apenas a estética do edifício.		

Fonte – Autoria própria (2019)

## 5 CONCLUSÃO

A inspeção visual do apartamento 602 do bloco B da superquadra 310 Norte em Brasília-DF, mostrou um alto número de manifestações patológicas que afetam a estética e segurança do edifício. Os danos apresentados inicialmente perturbam a segurança dos usuários, por isto se fez necessário a reparação de todos os problemas apontados no parecer técnico elaborado pela Kali Engenharia. A não execução do reparo seguindo projeto de reforço poderia vir a afetar, a médio ou curto prazo o uso do edifício, tornando a estrutura do prédio menos eficiente devido às corrosões e infiltrações.

Dentre as anomalias identificadas no apartamento, as do tipo endógena foram as que mais se destacaram. Esta anomalia é referente a projetos, materiais e execução, isto é provavelmente em consequência ao procedimento de projeto e execução de estruturas de concreto armado vigente no período da construção, NB1-Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado com sua primeira versão de 1940. Esta norma exigia apenas 1 cm de cobrimento para as estruturas de concreto armado, o que se mostra ineficiente para proteção da armadura provocando corrosão da armadura, fissuras e deslocamento.

Após a execução da restauração do apartamento, o espaço encontra-se apto à utilização conforme indica o projeto estrutural.

## REFERÊNCIAS

IBAPE, Instituto Brasileira de Avaliações e Perícias de Engenharia, **NORMA DE INSPEÇÃO PREDIAL NACIONAL**, Coordenadores: Eng<sup>a</sup> Flávia Zoéga Andreatta Pujadas e Eng<sup>o</sup> Marcelo Suarez Saldanha, 25/10/2012.

NB-1 NORMA BRASILEIRA - **ESTRUTURA**, N<sup>o</sup> 29, 1960. Disponível em: <[http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/lobocarneiro/nb1\\_1960.pdf](http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/lobocarneiro/nb1_1960.pdf)>. Acesso em: 07 de abril de 2019.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118 PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO** - Procedimento - 2014.

REITEC ENGENHARIA, **Recuperação Estrutural**. Disponível em: <<http://www.reitec.com.br/site/atuacao-detalle.php?cod=2>>. Acesso em: 22 de Julho de 2019.

WEBER SAIN-GOBAIN, **Como Recuperar e Reforçar Estrutura de Concreto.**

Disponível: <<https://www.quartzolit.weber/solucoes-tecnicas-quartzolit-para-reparos-protecao-e-reforco/como-recuperar-e-reforçar-estruturas-de-concreto>>.

Aceso em: 23 de Julho de 2019.

# ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DE USO DO BRISE– SOLEIL COMO SISTEMA DE CONTROLE TERMAL DE UMA FACHADA

## ANALYSIS USING SIMULATION OF BRISE– SOLEIL AS THERMAL CONTROL SYSTEM OF A FACADE

Diego de Miranda Mariath Gomes<sup>1</sup>  
Mairton Holanda

### RESUMO

O artigo simula a instalação de brise-soleil como sistema de controle termal de uma fachada em uma residência em Brasília, Distrito Federal. Levando-se em conta as características do cômodo e sua fachada oeste, foi escolhido o modelo de brise metálico retrátil. Os dados necessários para análise foram obtidos através do aplicativo para smartphone iCelsius e do equipamento portátil FLIR ONE. Os dados obtidos foram analisados apoiando-se em descrições técnicas obtidas pelo fabricante e a partir da bibliografia existente. Os resultados da simulação foram satisfatórios, uma vez que a utilização de brise-soleil como protetor solar diminui a temperatura do ambiente promovendo conforto térmico. Conclui-se que apesar do retorno financeiro pela substituição de aparelhos refrigeradores de ar por brise-soleil, não há garantia de satisfação total e descarte do uso desses aparelhos, uma vez que o conforto térmico é relativo para cada indivíduo, que pode desejar temperaturas ainda mais amenas.

**Palavras-Chave:** brise-soleil. Conforto térmico. Refrigeradores de ar. Fachada Oeste.

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Projeto, Execução e Manutenção de Edificações, sob orientação do Prof. Especialista Mairton Holanda.

## ABSTRACT

The article simulates the brise-soleil installation as thermal control system of a facade in a residence in Brasília, Federal District. Through the analysis of products on the market and taking into account the room characteristics and its western facade, was chosen the retractable metal brise model AS 288 REFAX brand. The data required for analysis were obtained from the application for smartphone iCelsius and portable equipment FLIR ONE. The data were analyzed relying on technical descriptions obtained by the manufacturer and from the existing literature. The simulation results were satisfactory since the use of such brise soleil sunscreen decreases the ambient temperature promotes thermal comfort. It concludes that despite the financial return for the replacement of refrigerators appliances air by brise-soleil, there is no complete satisfaction guarantee and disposal of the use of these devices, since the thermal comfort is relative to each individual who may wish temperatures yet milder.

**Keywords:** Brise-soleil. Thermal comfort. Air coolers. West facade.

## 1 INTRODUÇÃO

O Sol é fonte de vida e energia que através da luz proporciona cor, forma, e calor que aquece os espaços. Apesar de sua função benéfica para a vida no nosso planeta, a radiação térmica é a principal fonte de ganhos térmicos numa edificação, podendo assumir papel nocivo ao causar desconforto pela excessiva disponibilidade de luz natural. O conhecimento do clima nos possibilita o desenvolvimento de uma arquitetura a cada dia mais eficiente, funcional, estética e confortável para o homem (WEBER; SANTOS; VETTORAZZI, 2010).

Um dos responsáveis pela qualidade ambiental e pelo bem-estar dos usuários nas edificações é o conforto térmico, que pode ser alcançado com a utilização de sistemas passivos de controle ambiental, como a aplicação do brise-soleil para controle solar (SILVA; AMORIM, 2008).

Segundo Koenigsberger et al. (1977), os caminhos para se reduzir o ganho solar através das janelas baseiam-se no seu tamanho e orientação, uso de proteções internas (cortinas ou persianas), de vidros especiais e de proteções solares externas.

O brise-soleil é um dispositivo que tem o objetivo de diminuir a incidência dos raios solares, sendo aplicado às fachadas de edifícios ou residências. Por tratar-se de protetores solares externos, apresentam-se como os mais eficientes, por barrarem o calor antes que ele penetre no ambiente, reduzindo assim as cargas

térmicas, melhorando a distribuição da iluminação, permitindo ventilação e diminuindo o consumo energético, entre outras vantagens (SILVA; AMORIM, 2008).

Com o intuito de se obter um melhor desempenho térmico, simulou – se a aplicação de brise-soleil na fachada em estudo. Dentre os fatores determinantes para o sucesso do sistema, destaca-se a eficiência dos materiais escolhidos para a simulação. Partindo disso, com o intuito de proporcionar um melhor conforto térmico e reduzir a utilização de climatizadores, este trabalho avalia a eficiência da aplicação de brise-soleil em uma fachada oeste de uma residência localizada em Brasília no Distrito Federal (DF).

O presente trabalho tem como objetivo principal simular um sistema de controle termal de uma fachada residencial, examinar os resultados hipotéticos obtidos e identificar o retorno financeiro. Além disso, tem como objetos específicos: simular a instalação de equipamentos que proporcionem conforto térmico a um cômodo de uma residência em Brasília; mostrar por meio de imagens térmicas os ensaios de termografia realizados; analisar o hipotético desempenho térmico do brise-soleil levando em conta os estudos científicos recentes; avaliar o retorno financeiro da instalação do brise–soleil.

O trabalho é composto por revisão bibliográfica acerca dos temas, simulação da utilização de brise-soleil e análise dos resultados hipotéticos com base nos produtos disponíveis e o respectivo retorno financeiro.

O presente artigo teve início com a introdução do tema proposto, o seu objetivo principal, objetivos específicos e os procedimentos metodológicos a serem utilizados. A segunda seção traz a relação do clima com os revestimentos refletivos, o clima de Brasília – DF e como ele afeta o cômodo do imóvel estudado. É apresentado na seção seguinte um método para controle termal, o brise–soleil. Na seção quatro estão presentes o projeto experimental, os materiais e os métodos utilizados nesta dissertação, além da justificativa da escolha dos materiais que compõem os revestimentos refletivos e a descrição dos métodos de ensaio. Na seção cinco são apresentados os resultados e discussões dos ensaios apresentados na seção anterior. A seção seis traz as conclusões do estudo, mostrando se há ou não retorno



financeiro na utilização de brise-soleil em substituição a climatizadores que utilizam energia elétrica.

## **2 O CLIMA**

### **2.1 O clima e os revestimentos reflexivos**

O clima próximo a construções é determinado por alguns fatores climáticos como a temperatura do ar, radiação solar, velocidade dos ventos e a umidade relativa, fatores esses que têm influência direta na transmissão de calor entre o meio ambiente e a construção através de suas portas, janelas e telhados. O ganho de calor nas construções pode ocasionar desconforto térmico aos usuários e culminar em um consumo elevado de energia elétrica pelo uso de aparelhos de ar condicionado (SIMPSON; MCPHERSON, 1997).

Com as alterações de iluminação e conforto térmico causadas pela incidência de raios solares o homem passou a buscar recursos que pudessem impedir o ganho de luz e calor excessivo em suas construções. De acordo com Maragno (2000), existem três estratégias de proteção solar: dispositivos de proteção interno à janela, materiais transparentes com características especiais seletivas e dispositivos externos ao edifício ou janela. Entre os recursos disponíveis hoje no mercado estão os pigmentos reflexivos, vidros e películas reflexivas, cortinas, persianas e o brise-soleil.

### **2.2 O clima de Brasília**

A cidade de Brasília, que foi planejada e construída para ser a capital federal, está localizada no Distrito Federal, que se encontra a latitude de 15°52' Sul e longitude de 47°55' a oeste de Greenwich, com altitude de 1.100m. Possui clima tropical de altitude, apresentando duas estações climáticas bem definidas: de outubro a abril predominantemente quente-úmida e de maio a setembro a estação seca.

A Comissão Luis Cruls (1998, p. 19), responsável por escolher o local adequado para a construção da capital federal, relata as condições favoráveis encontradas:

Nutrimos, pois, a convicção de que a zona demarcada apresenta a maior soma de condições favoráveis possíveis de se realizar, e próprias para nela edificar-se uma grande Capital, que gozará de um clima temperado e sadio, abastecida com águas potáveis abundantes, situada em região cujos terrenos, [...]

Com a construção da cidade e seus monumentos, Costa (1995) argumenta que diante do desejo de um projeto monumental, o resultado foi escultural, entretanto descompromissado com as especificidades do clima local. Porém, nas superquadras localizadas no setor residencial do Plano Piloto, Lúcio Costa apresenta uma solução urbanística satisfatória do ponto de vista bioclimático, onde vegetação e edifícios dividem a paisagem.

## **2.3 Desconforto térmico**

O estudo foi realizado na região sul da cidade de Brasília – DF na região administrativa Lago Sul que é predominantemente residencial com casas individuais de no máximo dois ou três andares.

A residência particular está localizada a 15°50' de latitude e 47°50' de longitude e possui aproximadamente trinta metros de fachada oeste, onde há incidência direta de sol em grande parte do dia. O cômodo em estudo está localizado no segundo pavimento, medindo doze metros quadrados com fachada oeste de três metros.

A incidência de radiação direta no cômodo causa desconforto térmico que é amenizado com a utilização de aparelho refrigerador de ar em aproximadamente 80% dos 365 dias do ano.

## **3 BRISE–SOLEIL**

### **3.1 Nascimento do brise-soleil**

Quebra – sol, quebra – luzes e sun breakers são alguns dos demais vocábulos dados ao brise–soleil, que foi adotado preferencialmente em todo o mundo graças ao francês Le Corbusier, arquiteto responsável por sua criação.

A criação deu-se a partir de dois projetos. No ano de 1928, em Cartago, norte da África, se deparou com a necessidade de evitar o sol e assegurar ventilação constante no edifício. Para tal, imaginou um pára-sol gigante que projetava sombra nos dormitórios e permitia ventilação cruzada. O projeto não chegou a ser executado. O segundo, em 1929, no chamado Cité de Refuge do Exército da Salvação de Paris, o arquiteto projetou um edifício hermeticamente fechado com superfície envidraçada com grande exposição ao sol. Como as paredes duplas de vidros fixos com aquecimento e resfriamento não foram instaladas por economia, no verão o edifício tornou-se uma estufa. Anos mais tarde o edifício recebeu a instalação de brise- soleil (MARAGNO, 2000).

### **3.2 Incorporação do brise-soleil na arquitetura brasileira**

No Brasil, o brise-soleil incorporou-se rapidamente à arquitetura, por ser uma terra de clima tropical e por já haver referências próximas com elementos da arquitetura nacional (BRUAND, 2010).

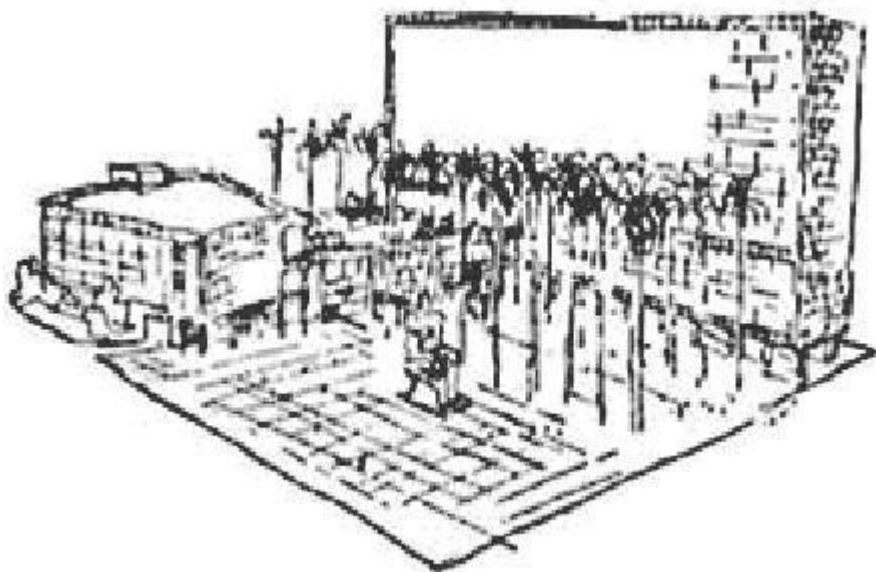
A grande difusão do brise-soleil no país deu-se na década de 30 com a visita de Le Corbusier ao Brasil em 1929 e suas palestras que conquistaram grandes arquitetos brasileiros. Das reflexões de Lúcio Costa foi publicado em 1934 o livro *Razões da Nova Arquitetura*. Além disso, a proximidade de Lúcio Costa e Le Corbuiser no projeto para a sede do Ministério da Educação e Saúde (figura 01 e 02), o que oportunizou a incorporação da invenção do francês no projeto brasileiro (MARAGNO, 2000).

**Figura 01** – Brise-Soleil no Ministério da Educação e Saúde, 1937 – 1942.



Fonte: Disponível em <[HTTP://monolitho.wordpress.com](http://monolitho.wordpress.com)>, 2009.

**Figura 02**– Croqui de Le Corbusier para o Ministério da Educação e Saúde, 1936.



Fonte: Disponível em <[HTTP://monolitho.wordpress.com](http://monolitho.wordpress.com)>, 2009.

### 3.3 Tipos de brise

Segundo Olgyay A. e Olgyay V. (1957 apud MARAGNO, 2000), os brises podem ser classificados de acordo com sua posição, podendo ser verticais, horizontais ou combinados, apesar de existir uma quantidade infindável de variações possíveis.

Há ainda a classificação do brise-soleil de acordo com a sua mobilidade, podendo ser fixos ou móveis. Além da facilidade de instalação e economia, os brises fixos sofrem menos interferência uma vez que não podem ser modificados por qualquer pessoa que possa não adequá-lo corretamente. Os brises móveis são úteis para usuários que queiram ajustar entre maior ou menor radiação solar, mais indicados para fachadas leste e oeste (GIVONI, 1997).

Bittencourt (1996), em sua obra *Uso de Cartas Solares*, cita os variados tipos de brise-soleil classificados pelo movimento e posição e assim traça qual protetor solar é mais adequado para os tipos de fachada. O brise vertical é eficiente para

bloquear radiação solar oblíqua no início da manhã e final da tarde, sendo pouco recomendado para fachadas leste e oeste; o brise horizontal é indicado para grandes alturas solares, podendo causar obstrução da visibilidade, redução da luminosidade e ventilação quando utilizado para barrar raios baixos. Já o brise combinado é mais adequado para fachadas norte e sol em latitudes baixas.

### *3.3.1 Materiais e cores*

Os brises–soleis estão disponíveis em diferentes tipos de materiais, entre eles a madeira, alumínio, chapas de ferro ou outros metais, concreto armado, dentre outros. Podem ser curvos ou planos e há diversas cores disponíveis. As cores claras refletem mais a radiação solar, enquanto as escuras tendem a absorvê-la (MARAGNO, 2000).

## **3.4 Brise e os demais sistemas refletivos**

Segundo Maragno (2000), o brise–soleil é o dispositivo externo de proteção solar mais efetivo na redução de ganho de calor solar quando comparado aos demais dispositivos disponíveis, conforme figura 03.

**Figura 03-** Tabela comparativa entre os diferentes sistemas de proteção solar e o percentual de redução dos ganhos de calor.

SISTEMAS DE PROTEÇÃO SOLAR	PERCENTUAL DE REDUÇÃO DOS GANHOS DE CALOR SOLAR (em vidro simples transparente de 1/4")
Brise-soleil*	75 a 90%
Vidros e películas reflexivos	37 a 68%
Vidros com pigmentos reflexivos	26 a 37%
Vidros de espectros seletivos	37 a 58%
Persianas internas de cores brilhantes com palhetas semi-abertas	30%
Persianas internas de cores médias com palhetas semi-abertas	22%
Cortinas internas translúcidas	54%
Cortinas internas opacas de cores claras	59%
Cortinas internas opacas de cores escuras	15%

*\* corretamente dimensionado em relação aos ângulos solares, afastado das superfícies de vedação e sem continuidade estrutural.*

*Fonte: PACIFIC ENERGY CENTER, 2000.*

Fonte: Pacific Energy Center (2000 apud MARAGNO, 2000)

#### 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção são apresentados os materiais utilizados e os procedimentos adotados na simulação de aplicação de brise-soleil, realizada em consonância com as respectivas Normas Técnicas:

- Desempenho térmico de edificações (NBR 15220:2005);
- Edificações Habitacionais – Desempenho (NBR 15575:2013);

Num primeiro momento, realizou-se uma simulação de um sistema de proteção solar na fachada oeste (figura 04) de uma residência localizada no bairro do Lago Sul, Distrito Federal. O segundo passo consistiu na coleta de diversos dados referentes ao ambiente em estudo, um cômodo que é utilizado como quarto. O local

apresenta durante o dia alta absorção de calor, mantendo assim, elevados índices de temperatura no interior do recinto.

**Figura 04** – Fachada do quarto



Fonte: Arquivo pessoal, 2016.

#### **4.1 Simulação de instalação do brise**

O produto que mais se adequou de acordo com os estudos realizados foi o Brise Metálico Retrátil (figura 05). Em um levantamento preliminar pôde-se perceber que o material apresentou características ideais para sua instalação na fachada da casa, como ligações de alumínio, lâminas orientáveis e pela possibilidade de ser montado através de aparafusamento em parede de alvenaria.

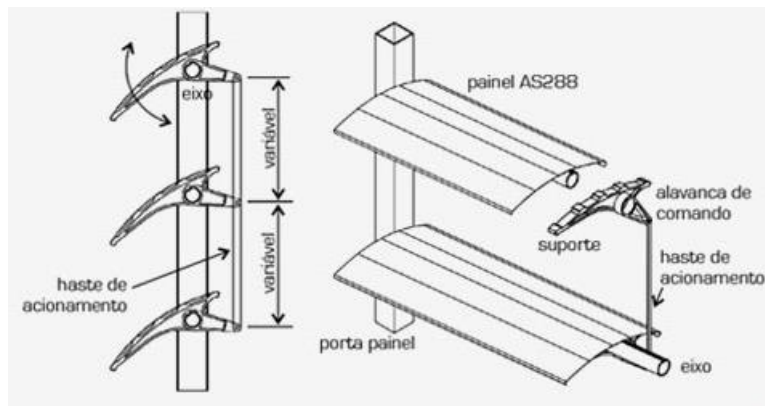


**Figura 05** – Simulação de instalação do Brise Metálico Retrátil

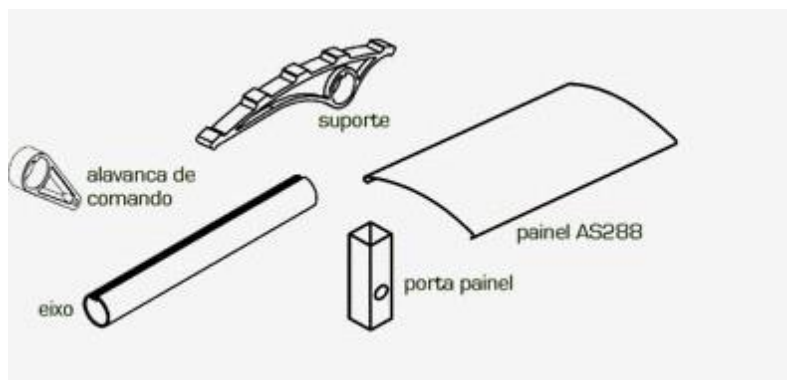


Fonte: Arquivo Pessoal, 2016.

Constatou-se que as aletas do mecanismo possuem um perfeito acabamento, dimensões apropriadas ao comprimento do vão da esquadria, matéria prima, alumínio, com excelente relação custo x benefício, sendo selecionado, portanto, para a simulação. Outros fatores que também estimularam a opção por esse tipo específico de brise foram o baixo custo de manutenção e a simplicidade do processo de montagem. Além do painel AS 288 o dispositivo apresenta ainda em sua composição componentes como alavanca de comando, eixo, suporte e porta painel (figuras 06 e 07).

**Figura 06 – Brise Metálico Retrátil AS 288**

Fonte: [http://www.refax.com.br/brise-metalico-retratil-as288.html#ficha\\_tecnica](http://www.refax.com.br/brise-metalico-retratil-as288.html#ficha_tecnica)

**Figura 07 – Componentes do Brise Metálico Retrátil AS 288**

Fonte: [http://www.refax.com.br/brise-metalico-retratil-as288.html#ficha\\_tecnica](http://www.refax.com.br/brise-metalico-retratil-as288.html#ficha_tecnica)

Conforme se observa na Tabela 1, o preço do conjunto instalação e material é baseado nos valores de mercado atuais do produto. O orçamento foi disponibilizado por empresa que atua no ramo e tem expertise no assunto. Pode-se perceber que em comparação com outros tipos de brises o seu valor é intermediário, o que o torna bem competitivo no comparativo custo x benefício. Com valor de R\$ 802,99 (oitocentos e dois reais e noventa e nove centavos) por m<sup>2</sup>, o custo do equipamento com instalação para a fachada de 2,75m<sup>2</sup> foi de R\$ 2.208,00 (Dois mil duzentos e oito reais).

**Tabela 01** – Custo de instalação do brise por m².

Um	Descrição	Rend.	Preço unitário	Preço Insumo
Um	Elementos de fixação sobre parede de alvenaria: buchas e parafusos de aço.	1,000	5,08	5,08
m²	Brise Retrátil, formado por uma estrutura portante de montantes de alumínio que se fixam através de ancoragens especiais e lâminas orientáveis de alumínio	1,000	734,41	734,41
H	Oficial de 1ª serralheiro.	0,930	16,56	15,40
H	Ajudante de serralheiro.	0,930	10,13	9,42
%	Meios auxiliares	2,000	764,31	15,29
%	Custos indiretos	3,000	779,60	23,39
Custo de manutenção decenal: R\$ 200,75			Total m²:	802,99

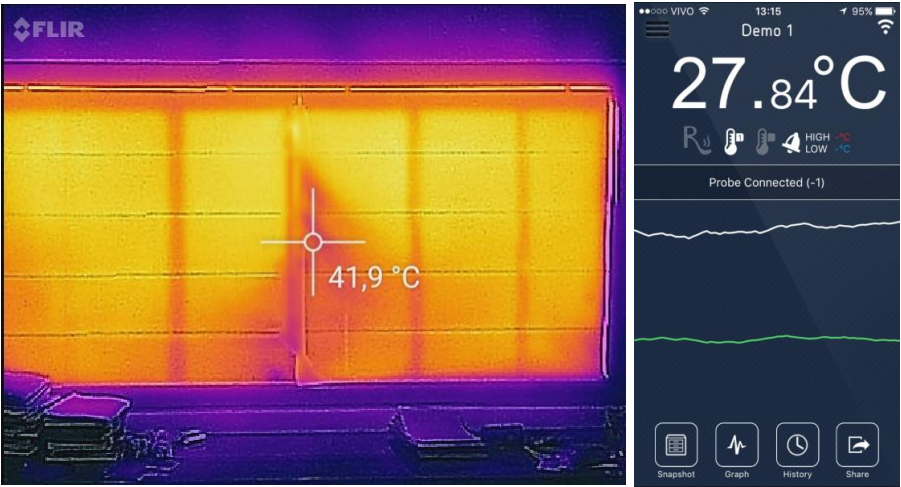
Fonte: Adequação da tabela. [www.brasil.geradordeprecos.info](http://www.brasil.geradordeprecos.info)

## 4.2 Caracterização do cômodo

Para a execução dos ensaios com o intuito de caracterizar de maneira mais coerente possível o ambiente, utilizou-se alguns equipamentos para a aferição de temperatura interna do recinto e para o registro de fotos térmicas da fachada oeste do quarto.

O ensaio da temperatura interna do ambiente contou com o suporte de um aplicativo de celular chamado iCelsius, que disponibilizou diversas medições do local conforme a temperatura alternava. Ao mesmo tempo, o outro ensaio, o das fotos térmicas era realizado, sendo o equipamento utilizado para os registros a câmera termovisora FLIR ONE. As aferições foram feitas com a persiana abaixada e em horários determinados do dia, 13 (Figura 08), 16 (Figura 09) e 18 horas (Figura 10), respectivamente.

Figura o8- Foto térmica (esquerda) e temperatura do interior do cômodo às 13 horas



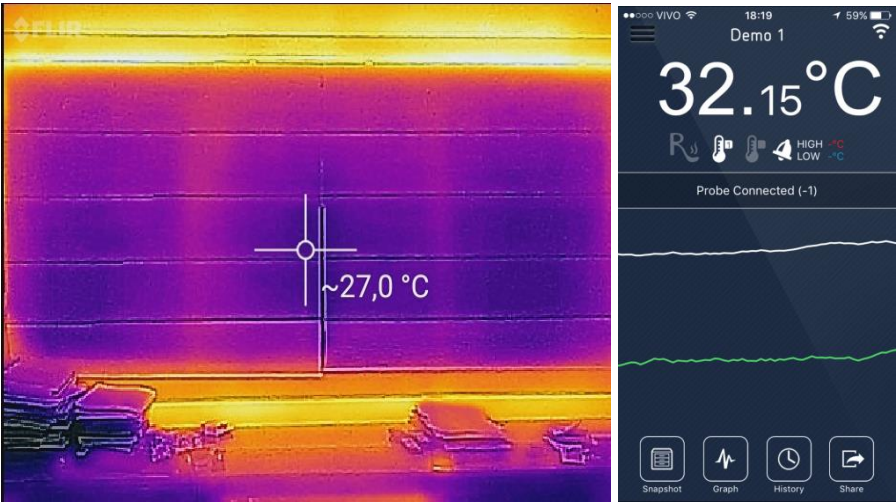
Fonte: Arquivo Pessoal, 2016.

Figura o9- Foto térmica (esquerda) e temperatura do interior do cômodo às 16 horas.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2016.

Figura 10 - Foto térmica (esquerda) e temperatura do interior do cômodo às 18 horas.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2016.

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

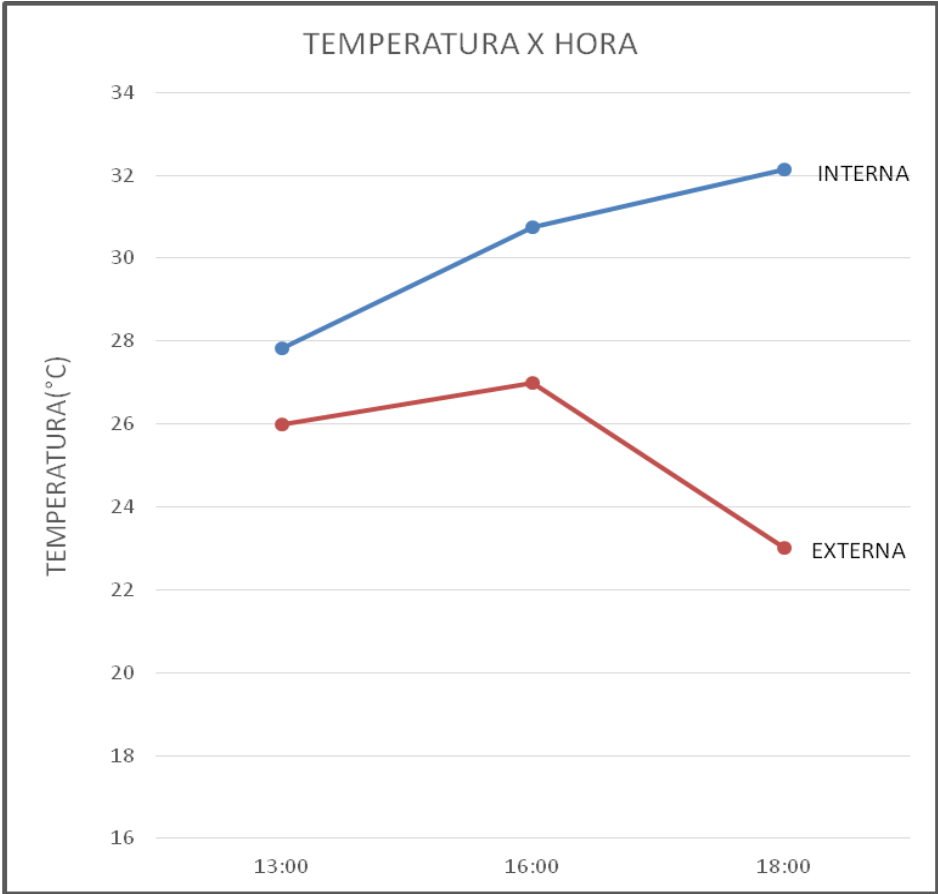
Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos da análise das medições e da simulação proposta. A tabela 02 e o gráfico 01 trazem o comparativo entre as temperaturas interna e externa no dia do ensaio. Percebeu-se que as temperaturas no interior do cômodo (27,84; 30,76 e 32,15°C) foram mais elevadas que as temperaturas externas (26, 27 e 23°C) em todas as medições nos diferentes horários. Isso se deve ao efeito estufa gerado no ambiente.

Tabela 02 – Temperatura interna e externa x horários.

HORÁRIO	TEMPERATURA (°C)	
	INTERNA	EXTERNA
13:00	27,84	26
16:00	30,76	27
18:00	32,15	23

Fonte: Dados coletados na pesquisa, 2016.

Gráfico 01 – Temperatura interna e externa x horários.



Fonte: Dados coletados na pesquisa, 2016.

Em seguida, a tabela 03 apresenta o custo x benefício do brise-soleil em relação ao uso de refrigeradores de ar. Considerando-se que o aparelho refrigerador de ar tenha um consumo de 10,5 kWh e seja utilizado 292 dias por ano (exceto nos meses em que as temperaturas são baixas), por aproximadamente 06 horas/dia, com valor do kWh (quilowatts/hora) a R\$ 0,61 (sessenta e um centavos), o gasto total anual de energia elétrica para manter o equipamento funcionando é de R\$ 11.221,56 (onze mil duzentos e vinte e um e cinquenta e seis centavos). Conforme o número de horas em que o aparelho mantenha-se desligado após a instalação do brise-soleil e a respectiva diminuição da temperatura do cômodo, haverá retorno financeiro

estipulado de acordo com o valor gasto na instalação do equipamento, que foi de R\$ 2.208,00 (dois mil duzentos e oito reais).

Caso haja utilização do equipamento de refrigeração de ar em apenas 05 (cinco) horas por dia (uma hora a menos), o equipamento será pago em 1 ano e 2 meses. Se o equipamento permanecer ligado 04 (quatro) horas por dia (duas horas a menos), o ressarcimento do valor pago na aquisição do brise se dará em 07 (sete) meses. Caso o aparelho refrigerador permaneça ligado por 03 (três) horas por dia (três horas a menos), o retorno financeiro será em 04 (quatro) meses.

**Tabela 03** – Custo x benefício do Brise-Soleil em relação ao uso de refrigeradores de ar.

Funcionamento de aparelho refrigerador de ar (em horas por dia)	Economia de energia elétrica (em reais)	Tempo para ressarcimento do valor gasto com brise
05 horas	1.870,26	1 ano e 2 meses
04 horas	3.740,52	07 meses
03 horas	5.610,78	04 meses

Fonte: Dados coletados na pesquisa, 2016.

Por fim, ilustra-se o comportamento da temperatura interna no cômodo caso o brise-soleil fosse realmente instalado, conforme tabela 04 e gráfico 02. Utilizando-se o desempenho sugerido pelo fabricante e os resultados obtidos em pesquisa de Correia, 2015 realizada em Marselha-Franca, estimou-se um decréscimo de 2 a 5°C na variação da temperatura do ambiente. Dessa forma, às 18 horas, horário em que a maior temperatura foi aferida (32,15°C), a temperatura do quarto poderia variar de 27,15°C a 30,15°C apenas com a utilização do brise-soleil. Os demais horários também apresentariam diminuição significativa de temperatura.

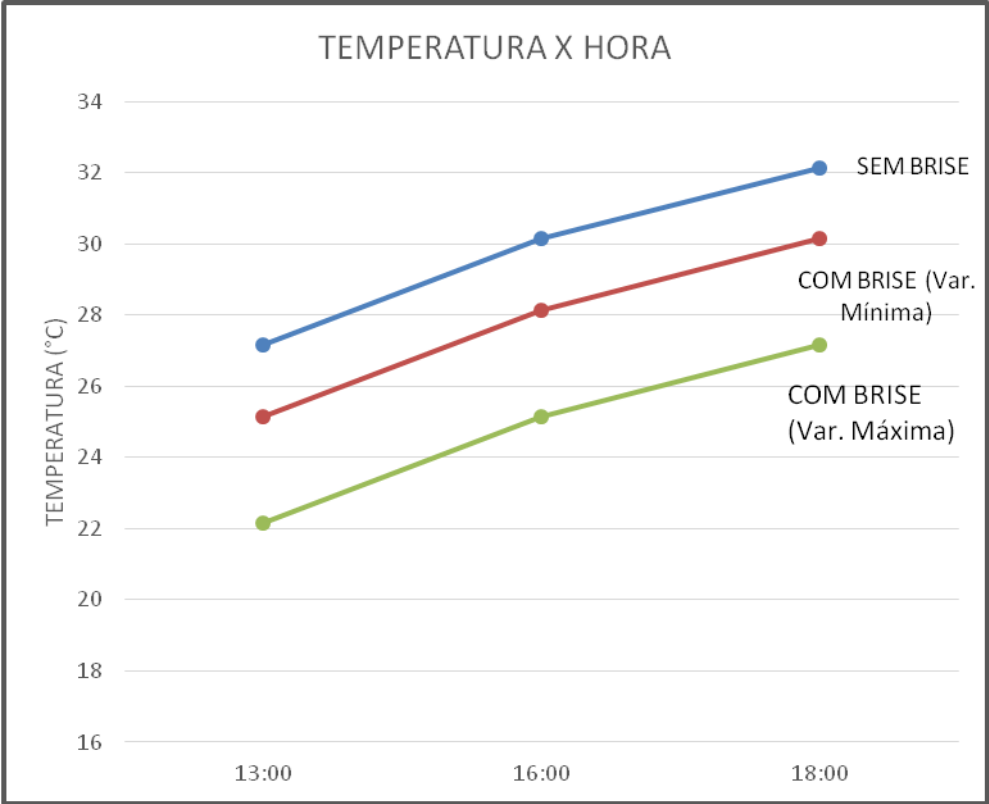


Tabela 04 – Temperatura sem utilização e com utilização de brise x horários.

HORÁRIO	TEMPERATURA (°C)		
	SEM BRISE	COM BRISE (Variação mínima)	COM BRISE (Variação máxima)
13:00	27,84	25,84°C	22,84°C
16:00	30,76	28,76°C	25,76°C
18:00	32,15	30,15°C	27,15°C

Fonte: Dados coletados na pesquisa, 2016.

Gráfico 02 – Temperatura sem e com utilização de brise x horários.



Fonte: Dados coletados na pesquisa, 2016.

## 6 CONCLUSÃO

A proposta do presente artigo teve como objetivo simular a instalação de um brise-soleil, com o intuito de analisar os resultados obtidos e identificar a viabilidade do processo; após a revisão da bibliografia e dos ensaios realizados, conclui-se que:

Não só no Brasil como em todo o mundo vem crescendo cada vez mais a busca por produtos que possam suprir a necessidade do homem. A engenharia civil e arquitetura são amplos campos de pesquisa e desenvolvimento desses mecanismos.

O brise-soleil vem sendo empregado como alternativa ao desconforto térmico, uma vez que combate com eficácia os ganhos térmicos de uma edificação. O material utilizado na simulação da instalação do brise-soleil atendeu aos requisitos básicos para refletir e impedir a transmitância térmica ao cômodo, obtendo assim, um desempenho térmico desejável. Ao final da simulação a diferença de temperatura variou entre 2 a 5°C com base no estudo de Correia realizado em Marselha em 2015.

Os resultados hipotéticos referentes à diminuição da temperatura no cômodo com o dispositivo foram satisfatórios, devido à melhoria da sensação de conforto térmico no ambiente. Entretanto, vale ressaltar que o uso de brise-soleil não garante o descarte da utilização de aparelhos refrigeradores de ar, uma vez que a conforto térmico é relativo para cada indivíduo, que pode desejar temperaturas ainda mais amenas.

São vários os fatores determinantes para o sucesso na instalação do brise-soleil. Eles vão desde a escolha dos materiais, equipamentos e da mão de obra utilizada. Faz-se necessário um amplo e minucioso estudo antes da aplicação do produto, levando-se em conta não apenas a estética desejada.

## REFERÊNCIAS

BITTENCOURT, L. **Uso das cartas solares** – Diretrizes para arquitetos. Maceió: Edufal, 1996, p. 50-63.

BRUAND, Y. **Arquitetura contemporânea no Brasil**. 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 2010

COMISSÃO LUIS CRULS. **Sesquicentenário do Nascimento de Luis Cruls - 1848-1998**. Governo do Distrito Federal, 1998.

CORREIA, S. M. Elementos de proteção solar: análise de desempenho em três estudos de casos. **4º Seminário Nacional de Construções Sustentáveis**. Passo Fundo, Rio Grande de Sul, 2015.

COSTA, M.E. **Lúcio Costa, registro de uma vivência**. Ed. Fundação Banco do Brasil, 1995.

GIVONI, B. **Climate Considerations in Building and Urban Design**. New York: John Wiley e Sons, 1997, p. 64-73.

KOENIGSBERGER, O.H. et al. **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales**. Paraninfo S.A., Madrid, Espanha, 1977.

MARAGNO, Gogliardo Vieira. **Eficiência e forma do brise-soleil na Arquitetura de Campo Grande -MS**. 2000. 203f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

SILVA, J. S.; AMORIM, C. N. D. **O Brise-soleil como elemento de controle solar: Estudo de caso de um edifício no Plano Piloto de Brasília**. In: 7º Seminário Internacional NUTAU 2008, 2008, São Paulo. NUTAU, 2008- Espaço Sustentável-Inovações em edifícios e cidades. São Paulo: USP, 2008.

SIMPSON, J.R; McPHERSON, E.G. **The effects of roof albedo modification on cooling loads of scale model residences in Tucson, Arizona**. Disponível em: <<https://www.sciencebase.gov/.../50535745e4b097cd4fcd3326>>. Acesso em: 20 maio 2016.

WEBER, C.P. **O uso do Brise-soleil na arquitetura da região central do Rio Grande do Sul**. Santa Maria RS, 2005. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria.

WEBER, C. P.; SANTOS, J. C. P.; VETTORAZZI, E. **O uso do brise-soleil pelos projetistas na região central do Rio Grande do Sul**. Canela RS, outubro ENTAC – Encontro Nacional de 2010.

# ANÁLISE DO PROJETO, EXECUÇÃO E RUÍNA DE CONTENÇÃO EM SOLO GRAMPEADO ESTUDO DE CASO

## PROJECT ANALYSIS, IMPLEMENTATION AND RUIN OF CONTENT IN GROUNDED SOIL CASE STUDY

Renato Ferreira Lima<sup>1</sup>  
Marco Aurélio Souza Bessa

### RESUMO

Este trabalho visa realizar o estudo de caso em uma contenção de solo grampeado que colapsou por não ter sido construída conforme as especificações de seu projeto. Como metodologia, foram realizadas comparações físicas e numéricas, entre a projetada e a realizada. Foram quantificados financeiramente os gastos referentes a seu reparo (o que não foi realizado) e sua reconstrução completa utilizando concreto armado, o que poderia ter sido evitado no que diz respeito à execução conforme projetos disponibilizados à época da construção do empreendimento. Os valores foram atualizados e as dificuldades da execução da nova estrutura foram relatadas. Conclui-se com este trabalho que altos desembolsos realizados na fase pós entrega de obra ocasionam implicações financeiras para a construtora, além do fato do desgaste moral com esses clientes, tudo ocasionado pela negligência expressa na forma de decisões tomadas pela obra, cujos reflexos dão-se na forma de manifestações patológicas, o que enfatiza a necessidade da correta execução de um projeto de contenção.

**Palavras-chave:** Projeto. Execução. Estrutura de contenção. Concreto armado.

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UnICEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Projeto, Execução e Manutenção de Edificações, sob orientação do Prof. Me. Marco Aurélio Souza Bessa. Banca realizada em 28/11/2018, composta pela professora-avaliadora Profª. Ma Gabriela de Athayde Duboc Bahia e professores-avaliadores Prof. Dr. Lenildo Santos da Silva e Prof. Dr. Gilson Ciarallo.

## ABSTRACT

This work aims to carry out the case study in a containment of stapled soil that collapsed because it was not built according to the specifications of its project. As a methodology, physical and numerical comparisons were made between the projected and realized. The expenses related to its repair (which was not accomplished) and its complete reconstruction using reinforced concrete were quantified financially, which could have been avoided with respect to the execution according to projects made available at the time of construction of the project. The values were updated and the difficulties of executing the new structure were reported. It is concluded with this work that high disbursements made in the post-delivery phase of the project cause financial implications for the construction company, in addition to the fact of moral wear and tear with these clients, all caused by negligence expressed in the form of decisions taken by the work, in the form of pathological manifestations, which emphasizes the need for the correct execution of a containment project.

**Keywords:** Project. Execution. Containment structure. Reinforced concrete.

## 1 INTRODUÇÃO

Os empreendimentos imobiliários, principalmente os residenciais e comerciais, são planejados de forma a otimizar o espaço disponível de suas construções para o melhor aproveitamento dos ambientes por parte das pessoas que irão usufruí-lo.

Como o uso do subsolo para garagens vinculadas a edificações residenciais é admitida por concessão de direito real de uso não onerosa (DISTRITO FEDERAL, 2008), muitos condomínios verticais possuem mais de um pavimento abaixo do nível do solo com a finalidade da guarda dos veículos de seus moradores. Dessa forma, faz-se necessário a execução de contenção no solo a ser escavado, com o objetivo de garantir a segurança, evitando uma eventual ruptura do maciço.

Segundo Luiz (2014), as estruturas de contenção são obras obrigatórias quando o estado de equilíbrio natural de um maciço de solo ou rocha é alterado, principalmente no que diz respeito a solicitações que possam ocasionar deformações excessivas e até mesmo seu colapso. Ressalta-se que uma contenção eficiente deverá suportar as tensões (empuxos) do material a ser contido (saturado ou não), além de seu peso próprio, de forma a garantir a estabilidade do talude.

Um dos procedimentos de contenção aplicados a corte de maciços de solo é o seu grampeamento (também chamado de solo pregado), que consiste na técnica em que o reforço do maciço é obtido por meio da inclusão de grampos (normalmente são barras de aço utilizadas na construção civil, mas podem ser microestacas ou estacas, este último utilizado em casos especiais) protegidas por natas de cimento em pré-furos abertos, resistentes às tensões de tração, esforços cortantes e momentos de flexão. Paraseu dimensionamento é analisado sua estabilidade global considerando os esforços estabilizantes dos grampos atuando na zona ativa, região compreendida entre a face do solo e a superfície potencial do deslizamento (MEDEIROS, 2005).

Erros de projeto e/ou de execução nessas estruturas podem ocasionar prejuízos morais e materiais, pois ao se executar o projeto de contenção, desenvolvido por profissional habilitado, necessariamente terão que ser atendidos os critérios e definições estabelecidos, e que em uma eventual necessidade de revisão, o mesmo deverá ser contatado formalmente.

Relata-se que no primeiro trimestre do ano de 2013 eram visíveis manifestações patológicas na contenção existente em um condomínio, localizado em Cajamar-SP, fazendo com que administração condominial entrasse em contato com a construtora principalmente devido ao deslocamento do concreto projetado na região que o talude possui maior altura. Após a realização de reuniões com o projetista e o executor da obra, gerou-se o relatório intitulado "Procedimentos executivos" (ANEXO A), que estimava os quantitativos a serem realizados para que ocorresse a reparação obrigatória dessa região, e nas demais, eventuais intervenções poderiam ficar condicionadas aos resultados de seu monitoramento semestral no intuito de indicar deslocamentos do maciço de solo.

No que diz respeito à determinação das causas, riscos e abrangência das manifestações patológicas encontradas, foram verificadas as condições da rede de águas pluviais, existente na rua localizada na parte superior da contenção, pois suspeitava-se de um rompimento das ligações dos tubos de concreto que as compõem. Assim sendo sua má funcionalidade poderia comprometer a funcionalidade do solo grampeado, porém, a mesma apresentava funcionalidade e execução adequada.

Decorrido alguns meses e após a realização de reuniões por parte da diretoria da construtora e incorporadora do condomínio, decidiu-se pela realização de uma nova contenção ao longo da extensão de todo o solo grampeado, utilizando concreto armado (justificado pelo acabamento plano e a necessidade de se avançar pouco na área construída para garagem). Já em 2014, após cerca de 90 (noventa) dias de iniciada as obras da nova contenção, houve o colapso do sistema existente (na região do deslocamento), o que permitiu determinar a causa desse acontecimento, ocasionado por diferenças de execução em relação ao seu projeto.

## **1.1 Justificativa**

Projetos de contenção devem ser elaborados por profissionais devidamente capacitados e habilitados, além de necessariamente obedecer aos parâmetros das normas em vigor, de forma a propiciar a devida estabilidade aos maciços de solo. Sua execução deve ser monitorada e fiscalizada de modo a não comprometer o objetivo a que se destina, uma vez que o custo para reparar ou mesmo reconstruir uma estrutura de contenção em um edifício residencial habitado, é relativamente alto, sem falar nos transtornos causados a esses moradores.

Esse trabalho possui relevância para os profissionais da área, por mostrar a importância de se atender aos parâmetros de projeto, no que diz respeito a execução, sendo relatado os acontecimentos ocasionados pelo seu descumprimento.

## **1.2 Objetivo geral**

- Apontar os riscos e consequências ocasionadas pela execução de uma obra de contenção, em desacordo com o seu projeto.

## **1.3 Objetivos específicos**

- Quantificar financeiramente os prejuízos materiais decorrentes de sua incorreta execução;
- Elencar as dificuldades da realização de uma obra desse porte, em um condomínio já habitado;



- Comparar os fatores de segurança de diferentes configurações de execução de projeto.

## **1.4 Apresentação**

Este trabalho é constituído por cinco seções, além da seção um. A número dois, refere-se a revisão bibliográfica realizada após realização de pesquisas em livros, artigos, revistas especializadas, normas e sites, que permitiram relatar sobre aspectos, parâmetros, propriedades, modelos de análise, método executivo e manifestações patológicas em contenções. Também são abordadas as estruturas de contenção em concreto armado, o que proporciona o embasamento teórico para o entendimento das etapas de execução da pesquisa. A seção três corresponde a metodologia utilizada para atingir-se os objetivos propostos. A quarta apresenta a análise da contenção do edifício, sendo descritas suas características e as causas que a levaram ao colapso; na quinta descreve-se o projeto e a execução da nova estrutura em concreto armado, bem como os valores gastos e dificuldades de sua realização, e na sexta, determina-se o que foi constatado, e como tais conhecimentos podem contribuir na prevenção dessas ocorrências e na execução de obras em geral.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Planejamento do projeto**

Para realizar o projeto de uma estrutura de contenção, de forma a possibilitar posteriormente sua execução com segurança adequada, deve-se determinar corretamente os parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo, e a metodologia de cálculo para determinação dos esforços causados pelo empuxo (GASPAR; SANTOS, 2011).

Também é necessário identificar e conhecer as características geológicas e geotécnicas das camadas do solo que serão submetidas aos estudos de estabilidade (MIKOS et al., 2017). Destaca-se que sondagens e análise de campo que possibilitem verificar a geometria, a hidrologia, os mapas geológicos, bem como interferências locais, não devem ser desprezados.

A escolha dos materiais e tipos a serem posteriormente executados, levará em consideração os custos e prazos envolvidos, ou seja, a que oferecer a melhor relação benefício-custo.

## 2.2 Requisitos

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014), os requisitos básicos exigíveis para um projeto de estruturas de concreto simples, armado e protendido, estabelecem que elas devem possuir capacidade para resistirem à ruptura, mantendo-se em condições plenas de utilização durante sua vida útil, não podendo apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foram projetadas ao ser considerando o método dos estados limites. A resistência à tração do concreto pode ser considerada no cálculo, desde que seja considerado o efeito das ações majoradas, não sejam excedidos os valores últimos, tanto na tração como na compressão.

Domingues (1997) diz que para realizar os cálculos de armadura, é necessário primeiramente obter as ações horizontais (empuxo), e as ações verticais (peso próprio da estrutura) e os respectivos momentos, bem como a componente tangencial e normal atuantes na estrutura.

Guerrin e Lavour (2005) relatam que como fator de segurança quanto a estabilidade estática do muro, deve ser utilizado no mínimo 1,50, por sua vez o momento devido as ações verticais deve ser o resultado da multiplicação do mesmo valor, pelo momento devido as forças atuantes.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009) considera que os fatores de segurança possuem a finalidade de cobrir as incertezas naturais das diversas etapas de projeto e construção e que dependendo dos riscos envolvidos, deve-se inicialmente enquadrar o projeto em classificações de nível de segurança, definidas a partir da possibilidade de perdas de vidas humanas e danos materiais e ambientais.

**Tabela 1** – Nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas.

Nível de segurança	Critérios
Alto	Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas, como edificações públicas, residências e indústrias, estádios, praças e demais locais, urbanos ou não, com possibilidade de elevada concentração de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego intenso
Médio	Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego moderado
Baixo	Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido

Fonte: ABNT NBR 11682 (2009).

**Tabela 2** – Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais.

Nível de segurança	Critérios
Alto	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de alto valor histórico, social ou patrimonial, obras de grande porte e áreas que afetem serviços essenciais
	Danos ambientais: Locais próximos a acidentes ambientais graves, tais como nas proximidades de oleodutos, barragens de rejeito e fábricas de produtos tóxicos
Médio	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor moderado Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais moderados
Baixo	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor reduzido Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais reduzidos

Fonte: ABNT NBR 11682 (2009).

### 2.3 Aspectos gerais e tipos

A verticalização em escavações de solo além de seu ângulo natural de repouso pode levá-lo a instabilidade. Para permitir que os solos suportem grandes cargas e permaneçam em ângulos mais inclinados, deve ser realizado seu reforço, permitindo seu melhor desempenho em detrimento a seu estado não reforçado. Não se havendo espaço suficiente para tal procedimento, pode ser possível utilizar outros métodos que forneçam a estabilidade global do talude, como o solo grampeado (MACCAFERRI, 2018).

De acordo com Luiz (2014), há ainda estruturas de contenção do tipo muro ou cortinas ancoradas. Em relação aos muros, exemplificam-se dois grupos. O

primeiro chamado de peso ou gravidade que pode ser construído de alvenaria de pedras, concreto ciclópico, gabiões, solo-cimento ou solo reforçado e, o segundo refere-se aos de concreto armado (muros de flexão), que podem possuir contrafortes e ancoragens.

Disseminadamente, emprega-se à estruturas de contenção um sistema de drenagem de forma a impedir o acúmulo de água entre o solo e a contenção, de forma que seja controlado a pressão ocasionada pela água, evitando o aumento do empuxo e, que filtros (mantas geotêxteis) são especificados em projeto com a finalidade de impedir o carreamento de grãos finos, evitando eventuais problemas de colmatagem do sistema, o que pode levar a uma perda de eficiência. Em muros de pedras secas, eles não são utilizados.

## **2.4 Resistência do solo ao cisalhamento**

As características do cisalhamento do solo são representadas pela coesão, ângulo de atrito interno e resistência ao cisalhamento (ORTIGÃO, 1995). A coesão do solo é a força de atração entre as superfícies de suas partículas, podendo ser real ou aparente, sendo o resultado do efeito de agentes cimentantes, como teor de óxidos e de argilas silicatadas (MULLINS et al., 1990), bem como adecorrência da atração entre partículas próximas por forças eletrostáticas.

A coesão aparente é o efeito da tensão superficial da água nos capilares do solo, formando meniscos de água entre as partículas dos solos parcialmente saturados, que tendem a aproximá-las entre si, sendo constituída por uma parcela da resistência ao cisalhamento de solos parcialmente saturados (FREDLUND; RAHARDJO, 1993). O ângulo de atrito interno do solo representa as características friccionais entre as partículas do solo, sendo definido como o ângulo máximo que a força transmitida ao solo pode fazer com a força normal à superfície de contato, sem que haja o cisalhamento do solo no plano de ruptura. O ângulo de atrito interno do solo depende de fatores como grau de compactação, percentagem e tipo de argila, tamanho e forma dos grãos de areia do solo (PINTO, 2000).

A resistência do solo ao cisalhamento é determinada pelas características coesivas e friccionais entre as partículas que o constituem, sendo definida como a

tensão máxima cisalhante que o solo pode suportar sem sofrer ruptura (PINTO, 2000). Os principais fatores que influenciam a resistência do solo ao cisalhamento são a distribuição de suas partículas, a densidade, a estrutura e seu teor de água (MCKYES et al., 1994). Em solos de textura arenosa, a resistência ao cisalhamento depende basicamente do atrito entre as partículas, enquanto que em solos argilosos ela depende não só desse atrito, como também da coesão (LEBERT; HORN, 1991).

#### *2.4.1 Equações para a previsão da resistência ao cisalhamento de solos não saturados*

Uma das utilizadas para determinação das tensões efetivas em solos não saturados, foi proposta por Bishop (1959), assim representada:

$$\sigma' = (\sigma - \mu_a) + \chi(\mu_a - \mu_w)$$

Eq. (2.1)

Onde:

$\sigma'$  - tensão efetiva (Pa);

$\sigma$  - tensão normal vertical;

$\mu_a$  - poro pressão do ar;

$\mu_w$  - poro pressão da água;

$(\mu_a - \mu_w)$  - sucção matricial;

$\chi$  - parâmetro em função do grau de saturação do solo.

De acordo com Bishop et al. (1960), o fator  $\chi$  é igual a zero para solos secos, variando principalmente do grau de saturação estando de forma secundária em função da estrutura do solo e de ciclos de secagem e de umedecimento.

Utilizando o critério de Mohr-Coulomb para a proposta de tensões efetivas de Bishop (1959), a resistência ao cisalhamento em solos não saturados é assim expressa:

$$\tau = c' + [(\sigma - \mu_a) + \chi(\mu_a - \mu_w)]tg\phi'$$

Eq. (2.2)

Onde:

$\tau$ - resistência ao cisalhamento (Pa);

$c'$  - coesão ou intercepto de coesão;

$\sigma$  - tensão normal vertical;

$\mu_a$  - poro pressão do ar;

$\mu_w$  - poro pressão da água;

$(\mu_a - \mu_w)$  - sucção matricial;

$\chi$  - parâmetro em função do grau de saturação do solo;

$\phi$ - ângulo de atrito interno do solo.

Equação essa que é uma extensão da proposta por Terzagui (1936). Considera-se que quando o solo está saturado, o valor de parâmetro  $\chi$  será igual a 1, o que ocasionará a redução da equação referente a resistência ao cisalhamento em solos saturados. A resistência conforme equação acima é representada em um gráfico bidimensional sendo o estado de tensões de um elemento do solo dado por uma única variável (termo entre colchetes).

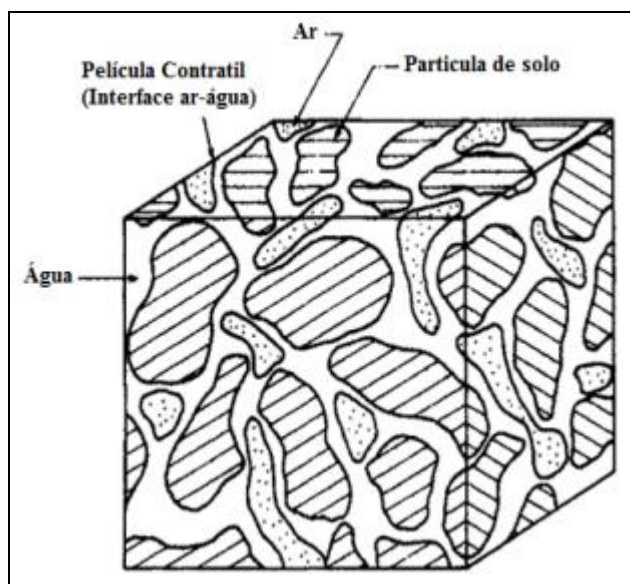
Segundo Bishop e Blight (1963), o valor da sucção representa a maior dificuldade ao se aplicar o princípio das tensões efetivas em solos não saturados, pois sua variação não representa uma variação equivalente da poro-pressão. Já a variação da sucção, atua apenas em uma área da superfície dos grãos do solo.

Ressalta-se que o princípio das tensões efetivas em solos não saturados é válido somente quando um incremento de mesmo valor da tensão aplicada ou de sucção corresponde respectivamente a valores equivalentes de variações de volume e resistência (JENNINGS; BURLAND, 1962).

## 2.5 Fases constituintes do solo não saturado e suas propriedades

O solo não saturado geralmente é compreendido por um sistema trifásico constituído por uma fase sólida (partículas minerais), por uma fase líquida (em geral, a água) e por uma outra fase, a gasosa (ar). Em 1977, Fredlund e Morgenstern propuseram a introdução de uma quarta fase independente, referente a interface ar-água, conhecida como membrana contrátil. O elemento de solo não saturado está idealizado na Figura 1.

**Figura 1:** Elemento de solo não saturado com fase contínua de ar.



Fonte: Adaptado de Fredlund e Rahardjo (1993).

Essa membrana possui uma propriedade chamada tensão superficial que possui a capacidade de exercer uma tensão de tração causada por forças intermoleculares atuando dentro dessa membrana. Essa tensão faz com que a membrana tenha um comportamento elástico. Quando a fase de ar é contínua, ela irá interagir com as partículas de solo, influenciando seu comportamento mecânico.

Considera-se o solo não saturado como uma mistura de duas fases que entram em equilíbrio sob aplicação de gradientes de tensão (partículas sólidas e a membrana contrátil) e duas que irão fluir (ar e água).

Em termos de relação massa-volume, essa membrana pode ser considerada como parte da fase líquida sem que seja acrescentado erros significativos (FREDLUND; RAHARDJO, 1993). Desta maneira, o solo não saturado é considerado com um sistema trifásico. No caso de a fase gasosa consistir de ar ocluso, ou seja, a fase gasosa não é mais contínua, o solo saturado pode ser considerado como um sistema bifásico, assumindo-se que um fluido compressível preenche os poros.

## **2.6 Potencial da água do solo**

Segundo Nyle e Ray (2013), a diferença de energia da água de uma posição ou de uma condição para outra, determina a direção e a velocidade do movimento da água nos solos e plantas. Em um solo saturado com água, a maior parte dela é retida em poros grandes na forma de espessas películas e, por isso, não são retidas com muita força pelos sólidos (ou matriz) do solo.

Em um solo seco, a água residual está localizada em pequenos poros dentro dos quais ela está na forma de películas finas, que as fazem permanecer firmemente retidas pelos sólidos do solo. Por esta razão, as moléculas de água em um solo não saturado, possui pouca liberdade de movimento, e seu nível de energia é muito menor do que os das moléculas de água no solo saturado. Caso as amostras de solo saturado e seco sejam postas em contato umas com as outras, a água passará do solo saturado (condição de alta energia), para o solo seco (com baixa energia).

## **2.7 Empuxo ativo e passivo**

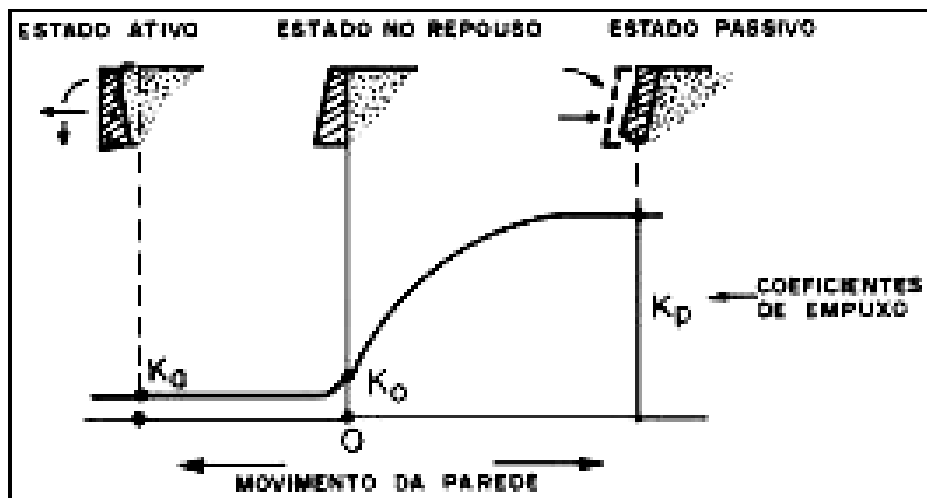
Empuxo de terra é a resultante das tensões provocadas pela massa de solo em uma determinada superfície, corresponde ao esforço que o talude vai exercer sobre a estrutura (LUIZ, 2014). Seu valor, assim como a distribuição das tensões ao longo da altura do elemento de contenção, depende de fatores como a interação solo-estrutura e mais especificamente da magnitude e sentido desse deslocamento. Já



para Bonissoni (2017), as forças atuantes sobre o muro provocam deslocamentos horizontais que, por sua vez, alteram o valor e a distribuição do empuxo, tanto ao longo de sua fase executiva, quanto durante a sua vida útil.

Em relação ao empuxo ativo que ocorre quando há um deslocamento do muro para fora do terrapleno, diz-se que o solo foi ativado em sua resistência interna, situação denominada de estado ativo de equilíbrio, já que o esforço do solo desenvolvido sobre a estrutura de contenção é chamado de empuxo ativo. Como reação a este movimento, o solo sofre uma distensão, provocando no maciço uma resistência ao longo do plano de cisalhamento. Já o empuxo passivo ocorre devido a um deslocamento do muro sobre o maciço de terra (o muro se move contra o maciço, que por sua vez sofre uma compressão na cunha instável, gerando ao longo do plano de ruptura uma reação ao deslocamento). Nesse caso, diz-se que a ação do solo é passiva ao movimento, sendo a situação de equilíbrio chamada de estado passivo de equilíbrio, nesse sentido, o esforço desenvolvido pelo solo sobre o muro é denominado empuxo passivo (BONISSONI, 2017). A Figura 2 ilustra tais caracterizações.

Figura 2 - Ações produzidas pelo solo em contato com a contenção.



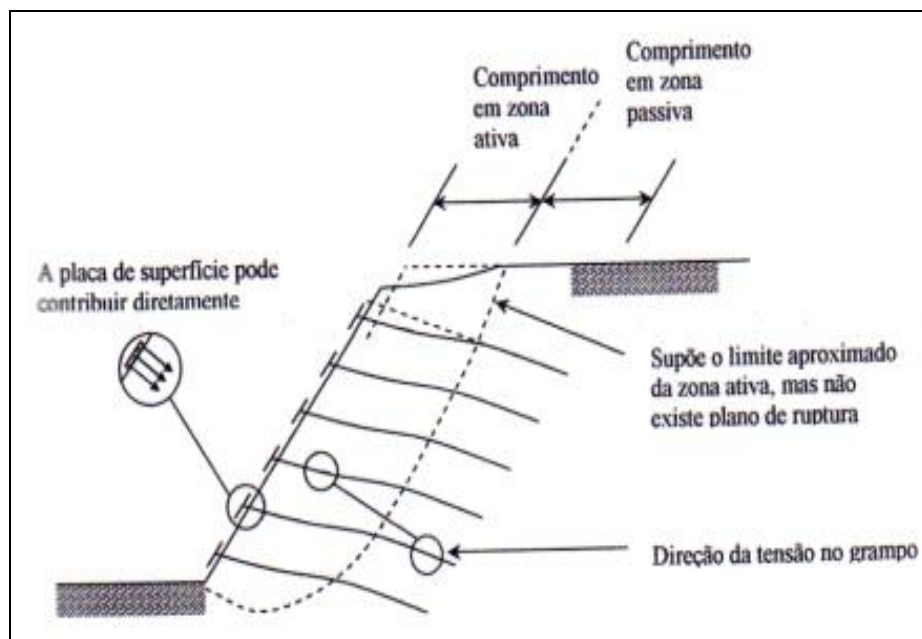
Fonte: Adaptado de ABNTNBR 9061 (1985).

## 2.8 Modelos de análise e métodos de projeto em solo grampeado

Não existe uma metodologia única, nem mesmo um padrão no que diz respeito ao seu dimensionamento. Deve ser calculado com a finalidade de conferir resistência ao maciço, não permitindo seu escorregamento ou tombamento, aos empuxos do solo contido. Quanto a verificação da estabilidade interna, dá-se pelo dimensionamento do espaçamento e comprimento do grampo, os quais devem ser suficientes para estabilizar o volume de solo abrangido (MEDEIROS, 2005).

Os principais métodos de análise partem do princípio da subdivisão do terreno atrás da face da contenção em duas zonas denominadas ativa e passiva que ao contrário do preconizado no que diz respeito aos empuxos de terra, referem-se a forma de mobilização dos esforços nos grampos. A partir do momento que foi analisada e dimensionada a cunha ativa passa-se ao dimensionamento da passiva. O limite entre as duas regiões é definido pela localização em cada grampo do ponto de máxima força axial que é desenvolvida a partir do deslocamento do solo causado pela descompressão lateral (escavação), conforme ilustra a Figura 3.

**Figura 3** - Diagrama esquemático do movimento do talude mobilizando carga nos grampos.



Fonte: Adaptado de Ortigão, Zirlis e Palmeira (1993).

Tais métodos que objetivam a análise global diferem quanto à forma da superfície de ruptura, ao método de cálculo do equilíbrio das forças atuantes e sua natureza. Os principais métodos estão sumarizados na Figura 4.

Figura 4 - Métodos de análise e modelos de ruptura.

Características	Métodos					
	Alemão	Davis	Multicritério ou Francês	Cinemático	Cardiff	Escoamento
Referência	Stocker e outros (1979)	Shen e outros (1981)	Schlosser (1983)	Juran e outros (1988)	Bridle (1989)	Anthonie (1990)
Análise	Equilíbrio limite	Equilíbrio limite	Equilíbrio limite	Tensões internas	Equilíbrio limite	Teoria de escoamento
Divisão da massa de solo	2 Blocos	2 Blocos	Fatias	-	Fatias	Bloco Rígido
Fator de segurança	Global	Global	Global ou Local	Local	Global	Global
Superfície de ruptura	Bilinear	Parabólica	Circular ou Polinomial	Espiral log	Espiral log	Espiral log
Grupo resistente à tração	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Grupo resistente ao cisalhamento	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Grupo resistente à flexão	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Inclinação da parede	Qualquer	Vertical	Qualquer	Qualquer	Qualquer	Qualquer
Camadas de solo	1	1	Qualquer	1	1	1

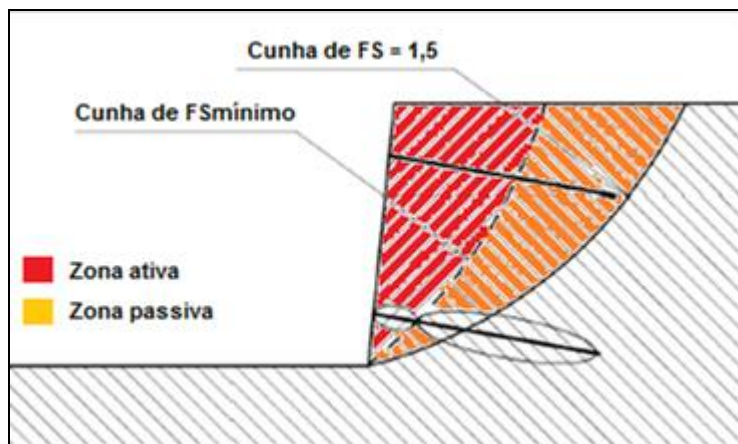
Fonte: Adaptado de Medeiros (2005)

## 2.9 Importância da avaliação do fator de segurança na zona ativa

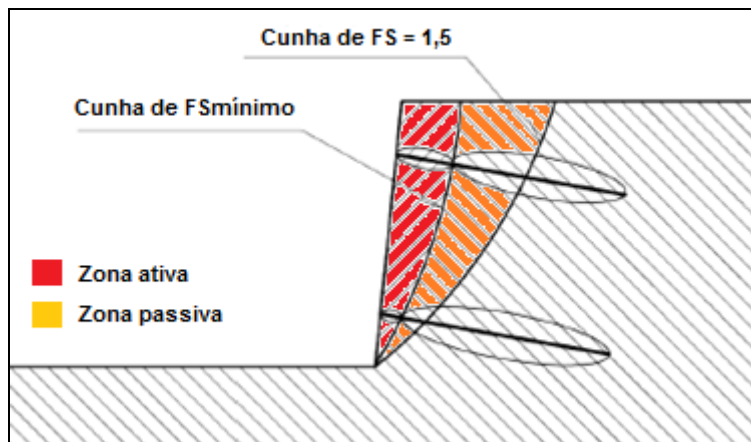
A zona ativa é situada entre o paramento e a superfície e, a passiva é a região onde são incorporados os grampos em reação aos esforços gerados para a estabilização da zona ativa. O fator de segurança mínimo (FS<sub>min</sub>) estará localizado onde o solo está sendo suportado pelo conjunto de grampos, mais o paramento.

Se for considerado que o dimensionamento foi realizado com análise somente do comprimento dos grampos na zona passiva, provavelmente a contenção não terá o fator de segurança idealizado ou gerará esforços no paramento que deverá ser dimensionado para isto. Oliveira e Santos (2009), ilustra duas situações, uma representada na Figura 5, através de duas elipses no grampo inferior indicando seu comprimento diferente nas duas zonas, e a outra, ilustra na região da cunha (Figura 6) o FS<sub>mínimo</sub> é considerado raso apesar dos grampos estarem longos, o que geraria a necessidade de redução dos espaçamentos com possível redução dos comprimentos na zona passiva.

**Figura 5** - Grampo inferior com comprimentos diferentes nas zonas denominadas ativa e passiva.



Fonte: Adaptado de Oliveira e Santos (2009).

**Figura 6** - Grampos rasos na zona ativa.

Fonte: Adaptado de Oliveira e Santos (2009).

Uma solução possível para tornar essas soluções estáveis seria o enrijecimento da espessura e armação, podendo considerar o esforço resistido pelo paramento. Salienta-se que como a sequência executiva gera tensões horizontais, onde o paramento pode levar até três dias para ser concretado, poderão ocorrer grandes deslocamentos horizontais e verticais. Desta forma, pode-se considerar como nula a contribuição para a estabilidade global do conjunto, devendo ser limitada a estabilidade local (empuxo no topo do solo grampeado ou entre grampos).

Segundo Alonso e Falconi (1996), no que diz respeito ao processo de Fellenius Modificado, é recomendável avaliações do equilíbrio de esforços sempre com base nos comprimentos na zona passiva. Comenta-se que cada grampo cubra uma área de influência, na face de escavação de 1,00 a 2,50 metros quadrados, ou seja, espaçamentos entre 1,00x1,00 e aproximadamente 1,60x1,60 (vertical x horizontal).

## 2.10 Método de Morgenstern e Price

A análise de escorregamento de taludes é normalmente efetuada recorrendo aos métodos de equilíbrio limite das fatias. A avaliação das condições de sua estabilidade é realizada ao considerar a superfície potencial de escorregamento, como circular, onde os métodos de Fellenius (1936) ou de Bishop simplificado

(1955) poderão ser utilizados. Ele é mais usado, além de ser tido como mais rigoroso. Em algumas situações, as superfícies de ruptura não possuirão a forma circular, sendo que para esses casos, existem alguns métodos das fatias que podem ser aplicados para acomodar essa forma das superfícies de escorregamento. Esses métodos são os de Janbu, Bjerrum e Kjaernsli (1956), Morgenstern e Price (1965) e Spencer (1967). Dentre eles, o mais utilizado é o de Morgenstern e Price, pois satisfaz completamente as condições de equilíbrio e é dentre todos o que envolve a menor dificuldade numérica.

A assunção básica do método de Morgenstern e Price, é o racionamento entre as componentes normal e tangencial das forças de interação entre fatias, que é representado pelo produto de uma função específica  $f(x)$  por um fator de escala  $\lambda$ . Com base nas condições de equilíbrio de forças verticais para fatias individuais e nas condições de equilíbrio de momentos para toda a massa, aparecem duas equações de equilíbrio com duas incógnitas, o fator de segurança (FS) e o fator de escala ( $\lambda$ ), tornando então o problema determinado. No entanto, resolver FS e  $\lambda$  é muitas vezes complexo, pois as equações de equilíbrio são altamente não lineares. Quando são feitas análises de estabilidade de taludes com os procedimentos estabelecidos, os cálculos são muitas vezes morosos, resultando em tempos de computação excessivamente longos. A situação requer, portanto, um algoritmo eficiente para computação dos valores de FS e de  $\lambda$  associados ao método em questão. Seguindo a proposta de Zhu et al. (2005), as duas equações de equilíbrio utilizadas no método são redirecionadas para obter duas equações para o fator de segurança (FS) e fator de escala ( $\lambda$ ). Tal ação permitirá formar um algoritmo mais conciso e compacto, facilmente implementável num programa de computador (FREITAS, 2011).

## 2.11 Método construtivo de solo grampeado

A execução requer cuidados especiais por ser um processo com grande interação entre projetista e executor. Trata-se de uma técnica que visa a melhoria de solos, de forma a permitir a existência de contenções de taludes por meio da execução de chumbadores ou grampos, concreto projetado e drenagem. Os grampos proporcionam a estabilização geral do maciço e o concreto projetado dá estabilidade local junto ao paramento, sendo a drenagem, atuante em ambos os casos (ZIRLIS,

1999). A mobilização de carga no grampo é induzida pela deformação do terreno por meio de pequenas cargas aplicadas em sua extremidade externa, o que os diferencia dos tirantes, por serem passivos (ABNT NBR 11682, 2009).

Seu início corresponde a execução da primeira linha de chumbadores, em ângulo descendente, como medida de melhoria do solo e pré-contenção, seguida pelo avanço da escavação do solo na geometria especificada em projeto, diferentemente do que acontece em taludes pré-existentes, sendo aplicado na sequência, o revestimento em concreto projetado. Dependendo do caso e se o talude já se encontrar cortado, pode-se trabalhar de forma descendente ou ascendente, conforme for o mais conveniente. Simultaneamente a progressão dos trabalhos, são executados os drenos subhorizontais profundos e paramento, assim como canaletas ou descidas d'água, conforme especificações projetadas.

Os grampos, nada mais são, que peças moldadas no local por meio de operações de perfuração feitas com equipamento sobre carreta ou de porte manual, revestidos com concreto projetado, após instalação e fixação de armação metálica, não esquecendo que são chumbados mediante injeção de calda de cimento sob pressão, sendo em sua maioria moldados no local. As perfurações são normalmente executadas por equipamentos, não muito pesado, o que proporcionam um bom manuseio, instalação e trabalho sobre qualquer talude. Emprega-se como fluido de perfuração e limpeza do furo, água, ar, lama, ou nenhum deles em se optando por trados helicoidais contínuos. A depender da profundidade do furo, diâmetro e área de trabalho, pode-se optar por perfuratrizes tipo sonda, “*crawlair*”, “*wagondrill*”, ou até equipamentos de perfuração manual. Os grampos têm usualmente inclinação abaixo da horizontal variando de 5° a 30° com diâmetro de perfuração de 75mm. A escolha do método de perfuração deve ser tal que a cavidade perfurada permaneça estável até que a injeção esteja concluída (ZIRLIS, 1999).

No sentido de evitar corrosões (considerando seu uso), sem esquecer que o grampo não poderá perder suas características de resistência o ao longo do tempo), deve ser realizado algum tipo de tratamento anticorrosivo, obtido por meio da utilização de resinas epóxi ou proteção eletrolítica e calda de cimento (usualmente são utilizadas barras de aço de construção civil). A calda é injetada, ao



se fazer uso de mangueiras, fixadas ao longo das barras, que dividirão os trechos a serem injetados, obedecendo as especificações de projeto. Utilizam-se mangueiras de polietileno, de 8 a 10mm de diâmetro ao longo da qual estão dispostas válvulas de injeção instaladas entre 30 e 50cm, até 1,5m da boca do furo (PITTA; SOUZA; ZIRLIS, 2003).

Quanto as fases de injeção, a primeira é denominada bainha, que compreende o preenchimento do furo e a introdução da barra. Alternativamente, pode-se realizar o preenchimento do furo com calda de cimento após sua instalação. Por meio de tubulação acessória cuja extremidade é posicionada na parte inferior da perfuração é injetada a calda de cimento de baixo para cima preenchendo totalmente a cavidade.

As armações normalmente têm sua extremidade superior acabada por meio de uma dobra a 90 graus, podendo também receber placa metálica, rosca e porca, ou ferragem de ligação. Nestes casos, a conexão da extremidade do reforço à face, são embutidas no revestimento de concreto projetado, sendo neste ponto criada uma escavação pontual adicional para uma melhor acomodação.

As telas eletrosoldadas têm sua instalação feita em uma ou duas camadas, conforme especificado em projeto, de forma que o concreto é aplicado em fases, conforme instalação das mesmas. No caso dessas telas serem instaladas antes do concreto, é preciso ter o cuidado especial para que se evite que elas funcionem como anteparo, o que pode promover a existência de vazios.

O concreto projetado deve ser preparado no canteiro de obras, de forma que os materiais que o constituem devem estar disponíveis no canteiro de obras, na quantidade e na hora em que for necessário. Pode-se dizer que é o resultado da aplicação da mistura do cimento e agregados secos (areia, pedrisco e aditivos em pó) em betoneira, até o ponto de aplicação, onde a água é adicionada. Coloca-se essa mistura na bomba de projeção, com os aditivos, onde essa massa é então conduzida por ar comprimido em mangote até o local de aplicação. Em sua extremidade, há um bico de projeção, onde é acrescentada água. Lança-se essa mistura, por meio da utilização de ar-comprimido, com grande energia na superfície a ser moldada. Podem ser adicionados ao traço microssílica e ainda, fibras de polietileno ou

metálicas, sendo a resistência solicitada nos projetos da ordem de 15Mpa (ZIRLIS, 1999). As partes de um grampo executado, estão representadas na Figura 7.

**Figura 7-** Detalhe das partes que compõem o grampo.



Fonte: Adaptado de Corsini (2012).

Também são executados os drenos profundos, que captam as águas mais distantes da face do talude antes que nele aflorem. Ao captá-las, são conduzidas ao paramento e despejadas nas canaletas, possuindo comprimentos normalmente, entre seis e vinte e quatro metros e, os drenos de paramento (que pretendem promover o adequado fluxo às águas do talude que chegam ao paramento), que podem ser drenos lineares contínuos ou o barbacã. O primeiro estende-se continuamente ao longo da direção vertical, da crista até o pé do talude, aflorando na canaleta de pé, correspondendo ao resultado da instalação, em uma escavação, de calha plástica drenante revestida por manta geotêxtil, sendo considerada uma drenagem linear. Já o dreno barbacã, é o resultado da escavação de uma cavidade de cerca de 30x30x30cm, revestida com geotêxtil e preenchida com material granular, brita ou areia. Do seu interior parte um tubo conforme o dreno geotécnico com diâmetro

entre 32 e 50mm, e inclinação horizontal descendente. É considerada uma drenagem pontual. Por último, faz-se referência ao dreno de superfície, correspondentes às canaletas de crista e pé, bem como as de descida d'água (PITTA; SOUZA; ZIRLIS, 2003). As etapas de execução são ilustradas na Figura 8.

**Figura 8** -Etapas de execução: (2) perfuração, (3) injeção, (4) armação, (5) drenagem, (6) projeção do concreto.



Fonte: Corsini (2012).

## 2.12 Manifestações patológicas em contenções

Normalmente uma estrutura indica que não está em perfeitas condições antes de falhar. Falhas podem gerar perdas de vidas humanas, comprometer a segurança

de pessoas e veículos em circulação próximo a estrutura, afetar construções adjacentes, e gerar elevados custos sociais e econômicos (MIKOS et al., 2017).

As estruturas com solo grampeado e cortina atirantada apresentam elementos enterrados no solo e estão continuamente sujeitos a fatores que degradam sua integridade estrutural.

No que diz respeito a contenções de solo grampeado, grande parte das manifestações, é devido a presença de água no maciço, portanto, deve ser previsto e executado um eficiente sistema de drenagem, superficial, profundo e de paramento, além da realização da desobstrução das drenagens existentes. Outra anomalia corriqueiramente verificada, são falhas no preenchimento da calda de cimento, decorrida da má execução da obra, o que pode gerar corrosão das barras, utilizadas nos grampos.

Deve-se ter atenção as características do paramento, que podem indicar a presença de água e umidade no maciço, tais como: manchas superficiais, eflorescências, musgos, líquens, vegetação e a própria surgência de água pela estrutura ou juntas (se existirem). A presença de água no maciço além de gerar uma carga extra na contenção, também facilita o desenvolvimento de processos corrosivos nas barras de aço, principalmente na região próxima ao paramento, manifestação essa que pode ser identificada na forma de manchas avermelhadas de oxidação, já para contenções que utilizar tirantes, pode haver a corrosão em sua cabeça, advinda de infiltração em trincas no capacete de concreto.

Em construção de arrimos em corte (de cima para baixo), pode ser empregado juntas verticais e horizontais no concreto projetado. A execução de panos alternados (damados), contribuem para que não ocorra trincas horizontais no concreto, devido ao peso próprio do revestimento (PITTA; SOUZA; ZIRLIS, 2003).

Segundo Ortigão, Zirlis e Palmeira (1993) e Pitta et al. (2006), no Brasil, a principal ocorrência em cortinas atirantadas é a corrosão, que por sua vez, trata-se da grande responsável por falhas na zona livre e próximo à cabeça do tirante, onde há maior presença de oxigênio, que forma um composto pouco resistente e muito expansivo. Isto é ocasionado, principalmente quando a proteção anticorrosiva é

inadequada e existe presença de água no maciço. Em inspeções realizadas na cidade do Rio de Janeiro em obras com mais de 30 anos, indicou que grande parte dos tirantes se apresentavam soltos ou rompidos devido à processos avançados de corrosão e sem proteção em suas cabeças.

Para Souza e Ripper (1998) as fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo corriqueiramente encontradas, e as que mais chamam a atenção dos leigos, proprietários e usuários, para o fato de que algo de anormal está a acontecer.

Citando como exemplo as obras de contenção de encosta, construídas em concreto armado, essa percepção fica reduzida devido a menor percepção dessas manifestações patológicas por leigos devido a grandes áreas dos panos de parede de concreto armado das cortinas ancoradas. A corrosão e exposição de armaduras vem em segundo lugar com 85% (oitenta e cinco por cento). Apesar da grande incidência, o percentual da superfície das cortinas com esta patologia varia de 5% (cinco por cento) e, em alguns casos, a 20% (vinte por cento) da área da superfície da obra de contenção, cujas causas são diversas. Pode ser verificado também concreto desagregado (devido a um ataque de agentes agressivos como cloretos ou ácidos sulfúricos ou regiões da estrutura com baixa resistência do concreto e ausência de cobrimento suficiente), infiltrações e, manchas superficiais de carbonatação (MACHADO; MENDES, 2014).

Essa carbonatação refere-se ao processo de redução da alcalinidade do concreto, que pode ocasionar corrosão das armaduras, tendo como origem a presença de água pura ou ligeiramente ácida (lixiviação), ou ainda, pela reação dos compostos de caráter básico NaOH, KOH e  $Ca(OH)_2$  da fase aquosa do concreto com os componentes ácidos da atmosfera, principalmente o dióxido de carbono ( $CO_2$ ). Uma vez que a frente de carbonatação atinge a armadura, ocorre a sua despassivação e o aço se corrói de forma generalizada, tal como se estivesse simplesmente exposto à atmosfera sem nenhuma proteção, ocasionando a corrosão em toda sua superfície. A Figura 8, mostra a ocorrência de uma frente de carbonatação. De acordo com Andrade (1992), uma característica desse processo é a existência de uma frente de

avanco do processo que separa duas zonas com pH muito diferente, onde uma dela possui  $\text{pH} > 13$ , e outra  $\text{pH} < 8$ , conforme Figura 9.

**Figura 9** - Frente de carbonatação: indicadores à base de fenolftaleína se tornam incolores na zona carbonatada e tomam uma cor vermelho carmim na região alcalina.



Fonte: Liberati (2014).

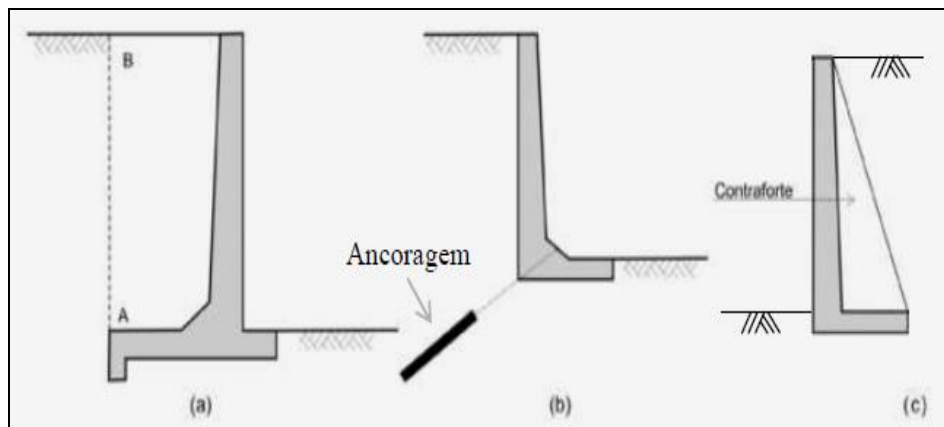
## 2.13 Estruturas de contenção em concreto armado

Os muros de concreto armado podem ser com ou sem contrafortes e ancoragens. Possuem a finalidade de resistirem a esforços de flexão provocados pelo empuxo do solo. Suas seções transversais na maior parte dos casos são do tipo "L", sendo a configuração em "T" invertido usada no sentido de propiciar alturas maiores a serem vencidas que para esse caso, existe o artifício da utilização de contrafortes que possibilitam um melhor desempenho estrutural ao passo que se diminui a espessura da parede (LUIZ, 2014).

Quando há limitação de espaço para a base e a fundação for resistente, podem ser utilizadas ancoragens ou chumbadores na base do muro, atentando-se sempre para que a execução destes não prejudique obras que porventura forem executadas futuramente (Figura 10). No caso de fundações em solos menos resistentes, há a possibilidade de substituir esse material frágil (de baixa capacidade de carga) por um

material com boa resistência, através de sua compactação ou mistura com cimento, por exemplo.

**Figura 10** - Exemplos de estruturas do tipo muro de concreto armado, (a) seção "T" invertido, (b) seção "L" com ancoragem, (c) seção com contrafortes.



Fonte: Adaptado de Geo-Rio (2014).

### 3 METODOLOGIA

A realização deste estudo de caso compreendeu o comparo do projeto da contenção em solo grampeado e a executada, por meio de inspeções locais, para que fossem verificados parâmetros como a quantidade de grampos, presença de drenagem profunda, superficial e de superfície. Em seguida, por meio da utilização do software Slope/W (versão 2012), da GeoStudio, foram realizadas quatro simulações com o objetivo de obter os coeficientes de segurança para as situações verificadas após seu colapso, permitindo avaliar suas causas.

A exposição dos custos da construção da nova contenção foi obtida por meio da planilha orçamentária, criada no Microsoft Excel, que levou em consideração os custos dos contratos de prestação de serviço, bem como os desembolsos relacionados a mão de obra direta, custos de caixa rotativo e indiretos oriundos de alimentação e estadia.



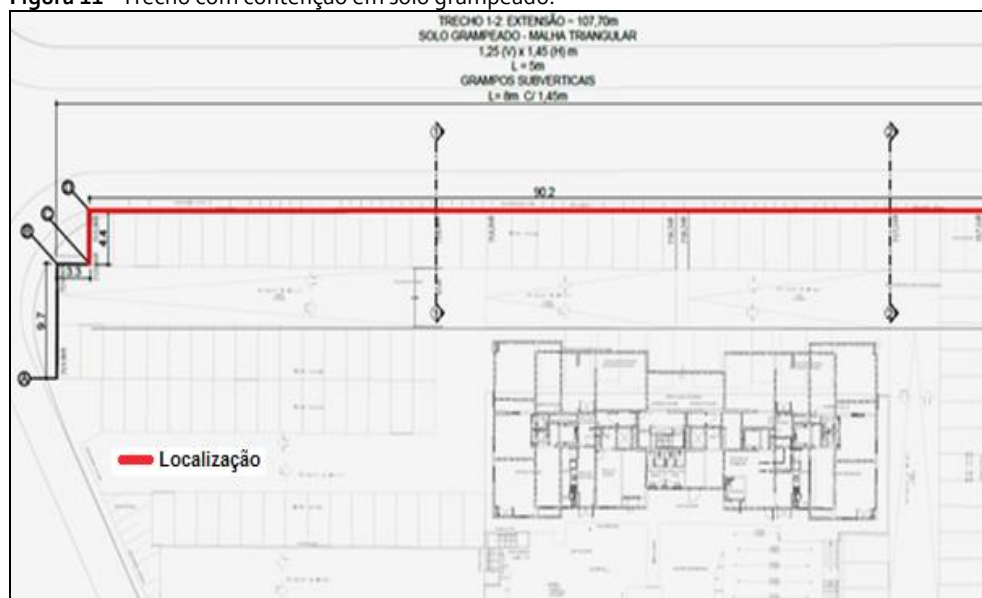
O histórico dos acontecimentos relacionados à sua execução (motivos, prazo, dificuldades), foi obtido junto ao engenheiro responsável técnico da obra, sendo explicado seu projeto, motivos da escolha do método construtivo utilizado, citando inclusive, os aspectos negativos correlatos.

## 4 ANÁLISE DA PRIMEIRA CONTENÇÃO EXECUTADA

### 4.1 Características do local e projeto

De forma a propiciar estabilidade no solo escavado (predominância de latossolo vermelho residual com embasamento calcário a maiores profundidades), realizou-se a contenção por meio de seu grampeamento, solução escolhida, por ser executada rente a um dos limites do terreno. O talude possui 5,00m de altura na parte mais alta, diminuindo progressivamente quanto mais se avança ao lado direito do lote. Dessa forma, seria viabilizado a implantação de 35 (trinta e cinco) vagas de garagem do tipo simples, descobertas e dispostas perpendicularmente ao mesmo. O trecho com solo grampeado iniciou-se na lateral esquerda do terreno, conforme mostrado na Figura 11.

**Figura 11** - Trecho com contenção em solo grampeado.

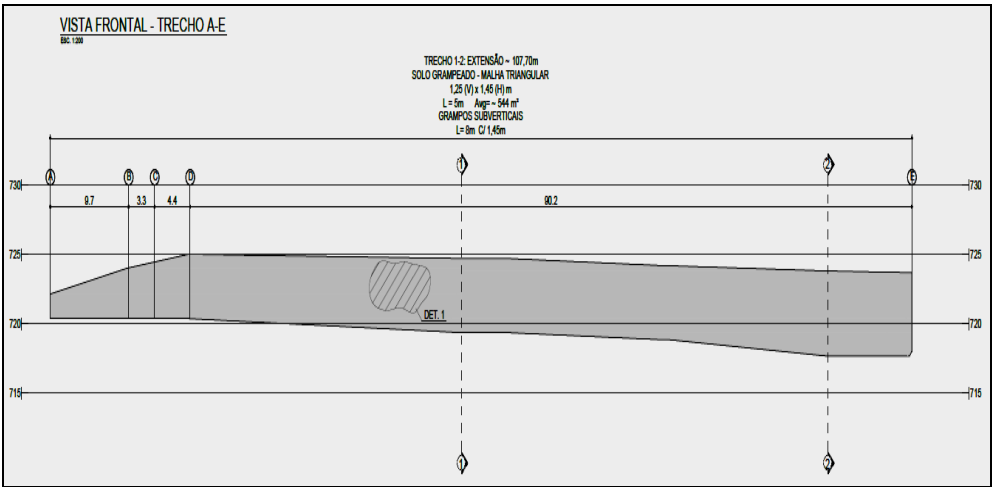


Fonte: Adaptado de Noun (2010a).



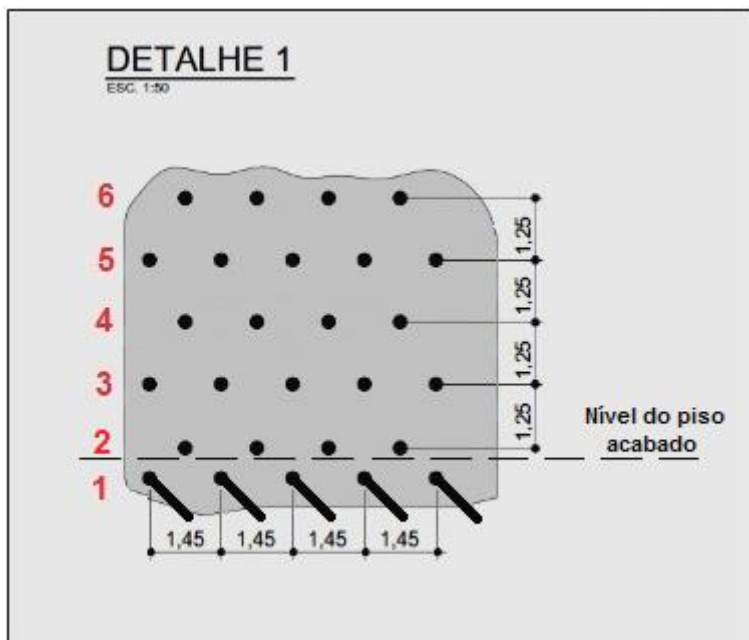
O procedimento foi realizado ao longo de toda a extensão da quadra, que contém um outro empreendimento construído pela mesma construtora/incorporadora, por meio de um contrato de prestação de serviço. Sua topografia varia, diminuindo o desnível quanto mais se avança em direção ao outro condomínio (localizado ao seu lado direito). Sendo assim, cada um deles ocupa metade da área da quadra. O projeto previa a execução de um grampo a cada 1,25m na vertical e um a cada 1,45m na horizontal (Figuras 12 e 13).

**Figura 12** - Topografia do corte a ser estabilizado (início a contar do lado esquerdo).



Fonte: Adaptado de Nouh (2010b).

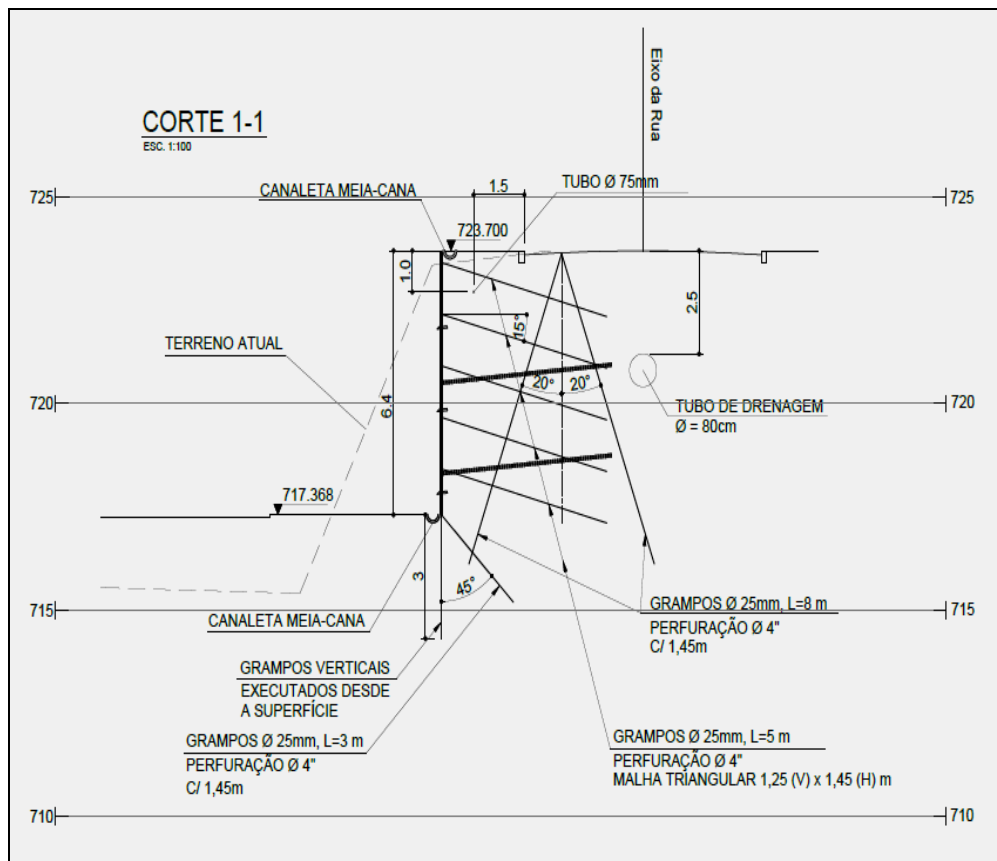
Figura 13 - Espaçamentos dos grampos (malha triangular).



Fonte: Adaptado de Nouh (2010b).

Os grampos eram constituídos de barras de aço com diâmetro 25mm, sendo seu comprimento igual a 5,00m. Foi previsto que a localização de um deles fosse no pé do talude (de comprimento 3,00m) e outro em sua crista, compreendendo um total de seis linhas de furação, (Figura 14). Seus ângulos descendentes de instalação, eram iguais a 15° e 45°, respectivamente. Existiam também grampos com a função de consolidação (pré-contenção), com o objetivo de dar estabilidade ao talude principalmente nos dois primeiros metros a serem escavados, instalados a 20° em relação ao eixo do talude

Figura 14 - Posição da instalação dos grampos.

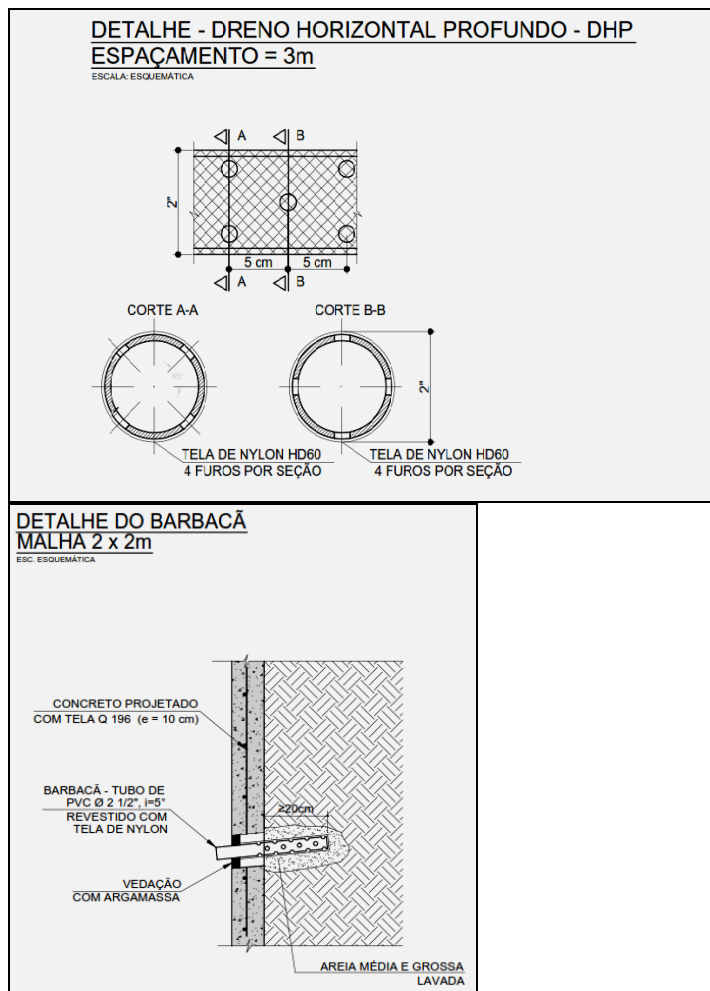


Fonte: Adaptado de Noun(2010c).

Completando o sistema, previu-se a drenagem por meio da utilização de drenos subhorizontais profundos (DHP) com a função de captar a água em locais distantes da face do talude, antes que as mesmas aflorassem. Eram constituídos por tubos plásticos de 2" (duas) polegadas de policloreto de polivinila (PVC) perfurados e revestidos por uma tela de nylon especificação do tipo malha HD 60 (Figura 15).

Existia ainda o dreno tipo barbacã, que como dito, corresponde ao resultado da escavação de uma cavidade com cerca de 20x20x20cm, preenchida com material arenoso, tendo como saída tubo de PVC, também perfurados e revestidos por tela de nylon, partindo do seu interior para fora do revestimento com inclinação descendente, constituindo um sistema de drenagem pontual (Figura 16).

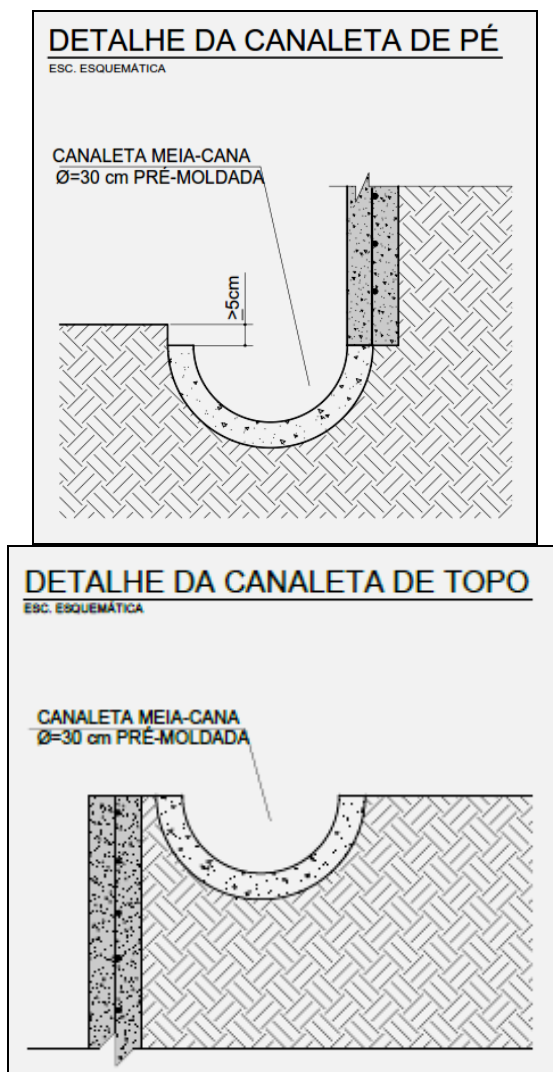
Figuras 15 e 16 - Drenos projetados (profundos e superficiais, respectivamente).



Fonte: Adaptado de Nouh (2010d).

Essa água seria despejada na canaleta localizada ao pé do maciço, que por sua vez estaria ligada a uma rede de águas pluviais localizada próxima a face do talude, o que tinha por objetivo impedir que processos erosivos ocorressem junto ao pé do maciço de solo. Projetou-se também a canaleta de topo, localizada entre a calçada e mureta que faceava o revestimento do talude, de forma a evitar a saturação do solo por águas pluviais que viessem a se acumular nessa região (Figuras 17 e 18).

Figuras 17e 18 - Canaletas projetadas.



Fonte: Adaptado de Nough (2010d).

O sistema finalizaria com a execução do concreto projetado por cima de uma malha de aço com a função de dar estabilidade local ao paramento, funcionando também como revestimento.

## 4.2 Medidas preventivas não executadas

Segundo Mikos et al. (2017), esse tipo de contenção deve possuir como procedimentos que desenvolvam medidas preventivas e corretivas, três principais etapas, a saber: inspeções in loco, apoio logístico e de campo, análise dos dados e diagnóstico. Inicialmente deve ser realizada visitas de campo, a fim de obter informações quantitativas e qualitativas.

As informações quantitativas podem ser obtidas com inspeções visuais, como altura, comprimento, espessura da contenção, área danificada e distância das edificações ameaçadas. As avaliações qualitativas, por vezes não necessitam de grande precisão, para obtenção das informações sobre a gravidade das falhas e manifestações patológicas identificadas. São avaliadas a idade aparente da estrutura, presença de drenagem, tipologia construtiva, fissuras, deformações, análise da vizinhança e área a seu redor.

Ocorre que neste caso, não se teve notícias ou mesmo evidências da realização de nenhum procedimento que visasse a verificação de manifestações patológicas nessa contenção, desde a entrega do empreendimento.

## 4.3 Manifestações patológicas

No início do ano de 2013, representantes do condomínio entraram em contato com a construtora para que fosse averiguado a questão do deslocamento de parte do revestimento em concreto projetado que chegou a atingir um dos postes de iluminação nesse local. Cita-se que os barbacãs apresentavam intenso carreamento de material terroso.

A medida inicial tomada, recaiu sobre providenciar o isolamento do local com tapume de madeira, além da execução de um escoramento em madeira. O condomínio avisou os moradores que usufruíam das vagas de garagem pertencentes a esse local, para estacionarem seus carros em outros locais (Figura 19).

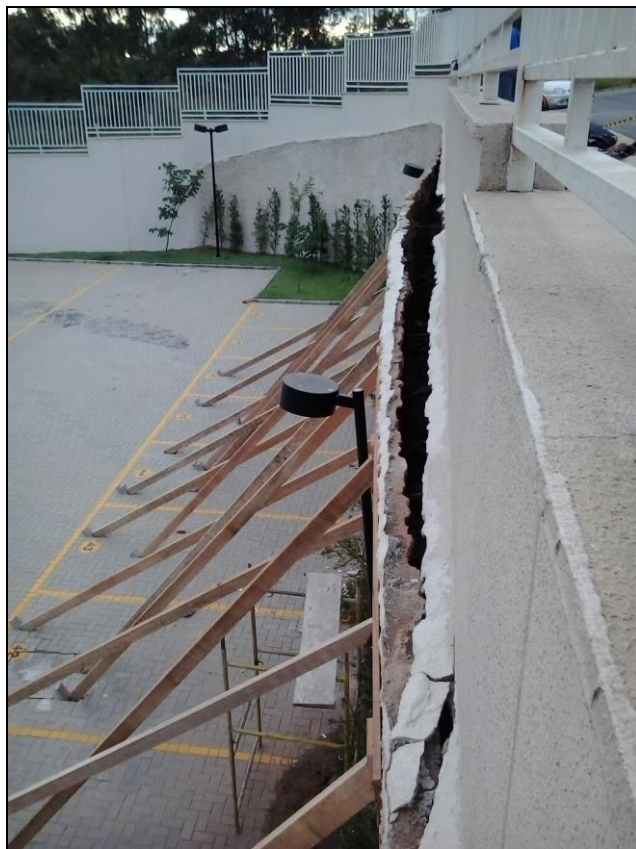
**Figura 19** - Local com o deslocamento do concreto projetado.



Fonte: O autor (2013).

Percebeu-se mais tarde que na verdade, tal deslocamento teve como origem o carreamento de solo do talude, portanto, sua estabilidade encontrava-se comprometida, inclusive a calçada estava trincada e oca, sendo verificado o desalinhamento horizontal entre o revestimento em concreto armado e a mureta onde o gradil metálico é instalado (Figura 20).

**Figura 20** - O carreamento do solo indicava instabilidade do talude.



Fonte: O autor (2013).

#### **4.4 Grampeamento do solo**

Mesmo antes de ter acontecido a ruína do talude, era possível verificar a não execução das duas linhas de drenos subhorizontais profundos, previstos em projeto, por meio de inspeções visuais. Outro fator que também contribuiu para que a capacidade drenante executada, estivesse subdimensionada, refere-se ao fato de não ter sido instaladas as canaletas de pé e topo do talude, além do fato de ter sido executado uma área gramada em toda a extensão da base do maciço, fazendo com que não ocorresse a canalização das águas pluviais e sim seu acúmulo, nessa região.

Seu colapso (Figura 21), permitiu uma outra constatação do ponto de vista estrutural. Foram executados menos grampos que o projeto previa, sendo possível



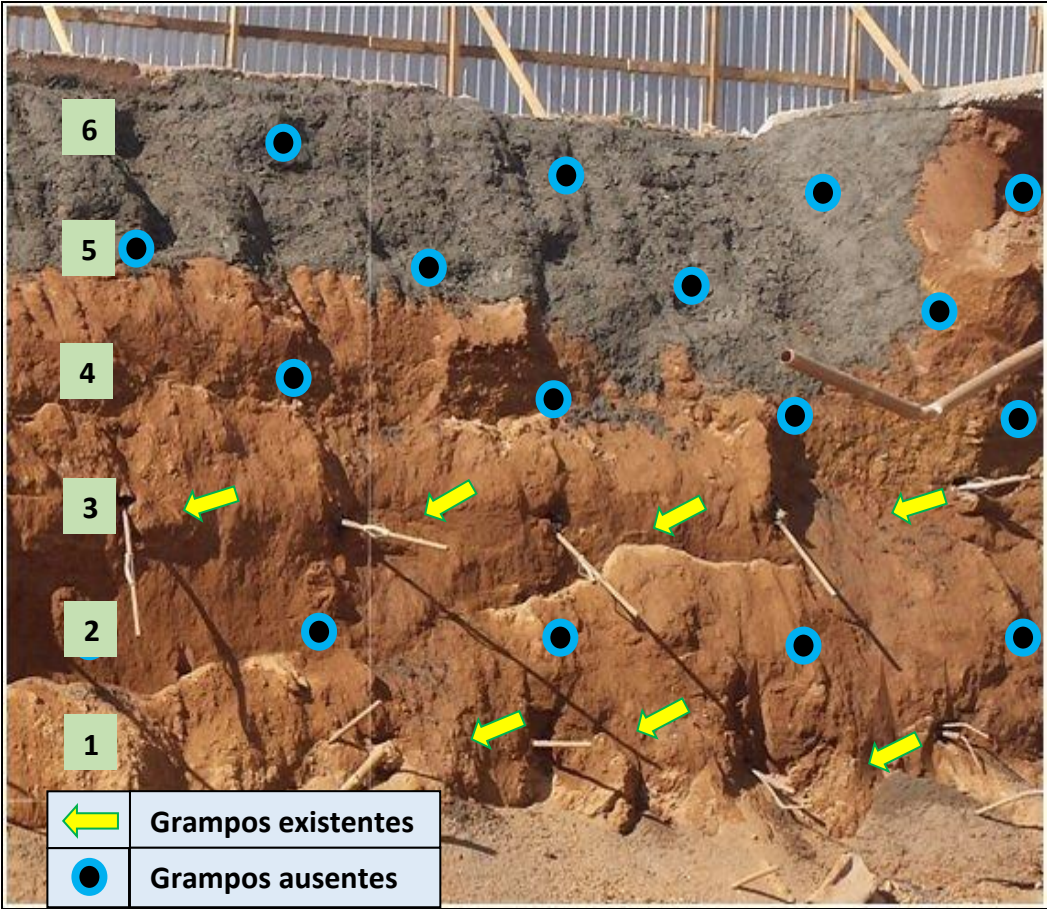
verificar a existência do grampo do pé do talude, somente após a remoção dos entulhos que cobriram parte do estacionamento do condomínio (Figura 22). Além disso, o posicionamento dos grampos, não foi do tipo triangular (enviesado) e sim retilíneo.

**Figura 21** - Colapso do solo grampeado.



Fonte: O autor (2014).

Figura 22 - Levantamento dos grampos executados perante os projetados.



Fonte: O autor (2014).

### 4.5 Causas do colapso (análise numérica)

Ao se pesquisar qual a causa para a ruptura de um talude, descobre-se sempre vários motivos, que somados resultam no acidente. Para o caso de solo grampeado, deve-se obrigatoriamente analisar como foram os detalhes executivos dos grampos, do sistema de drenagem e do revestimento do paramento.

Foram realizadas quatro simulações, para que fosse analisado o fator de segurança de cada uma delas, levando-se em consideração conforme já relatado, a ausência dos drenos subhorizontais profundos e a execução de uma quantidade

menor de grampos, supondo dois conjuntos de parâmetros do solo: saturado e não saturado (dados de entrada), para início do processamento de dados. Foi utilizado o programa Slope/W (versão 2012), da GeoStudio, que realiza análises de estabilidade por meio de diversos métodos de equilíbrio limite. Escolheu-se o método de Morgenstern e Price, para o cálculo da estabilidade, por este ser mais realista quanto à superfície de falha e fator de segurança.

Definiu-se a geometria do talude, bem como as camadas que o compunham. Foi utilizado o critério de Mohr e Coulumb (método do material para ver o comportamento do solo quanto a resistência ao cisalhamento a diferentes pressões efetivas). Em seguida, foram inseridos os dados referentes ao peso específico, coesão e ângulo de atrito interno (Figuras 23 e 24) que não foram obtidos por meio de ensaios laboratoriais, sendo na verdade baseados em dados de projetos desenvolvidos na mesma região, além da experiência por parte de empresas executoras, de forma que são bem próximos a realidade, e parâmetros referentes aos grampos (Figura 25).


**Figura 23** - Parâmetros para latossolo saturado.

The screenshot shows the 'SOLOTRAT' software interface for defining soil parameters. The 'Name' field is set to 'Solo residual sat'. The 'Color' field is set to red, with a 'Set...' button next to it. The 'Material Model' is set to 'Mohr-Coulomb'. The 'Basic' tab is selected, showing the following parameters: 'Unit Weight' is 18 kN/m³, 'Cohesion' is 10 kPa, and 'Phi' is 23°. Each parameter has a dropdown menu icon (three dots) next to it. The 'Suction', 'Drawdown', 'Liquefaction', and 'Advanced' tabs are also visible.

Fonte: SOLOTRAT (2018).

Figura 24 - Parâmetros para latossolo não saturado.

Name: Solo residual nao sat

Color:  Set...

Material Model: Mohr-Coulomb

Basic

Suction

Drawdown

Liquefaction

Advanced

Unit Weight: 17 kN/m³

Cohesion: 20 kPa

Phi: 28 °

Fonte: SOLOTRAT (2018).

Figura 25 - Parâmetros como: resistência ao arrancamento e capacidade de carga da barra de aço CA-50 de 25mm.

Bond Diameter: 0.1 m

Bar Capacity: 220 kN

Bond Safety Factor: 1.2

Bar Safety Factor: 1

Bond Skin Friction (F/Area): 60 kPa

Shear Capacity: 8 kN

Nail Spacing: 1.45 m

Shear Safety: 1

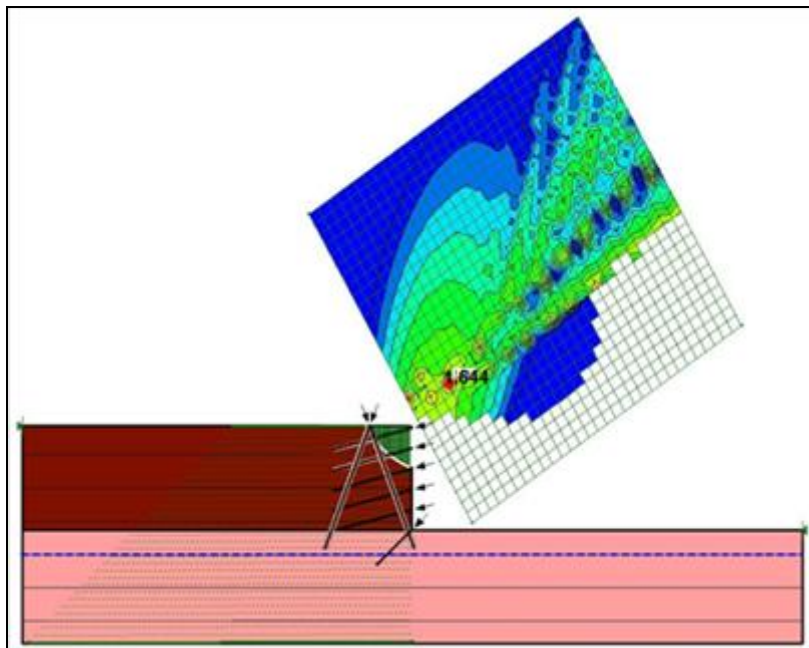
Apply Shear: Parallel to Slip

Fonte: SOLOTRAT (2018).

4.5.1 Primeira simulação

Considerou-se a eficiência dos drenos (solo não saturado), além da execução da quantidade total de grampos (conforme projeto). Desta maneira o fator de segurança obtido, foi igual a 1,644, conforme a Figura 26.

**Figura 26** - Coeficiente de segurança projetado.



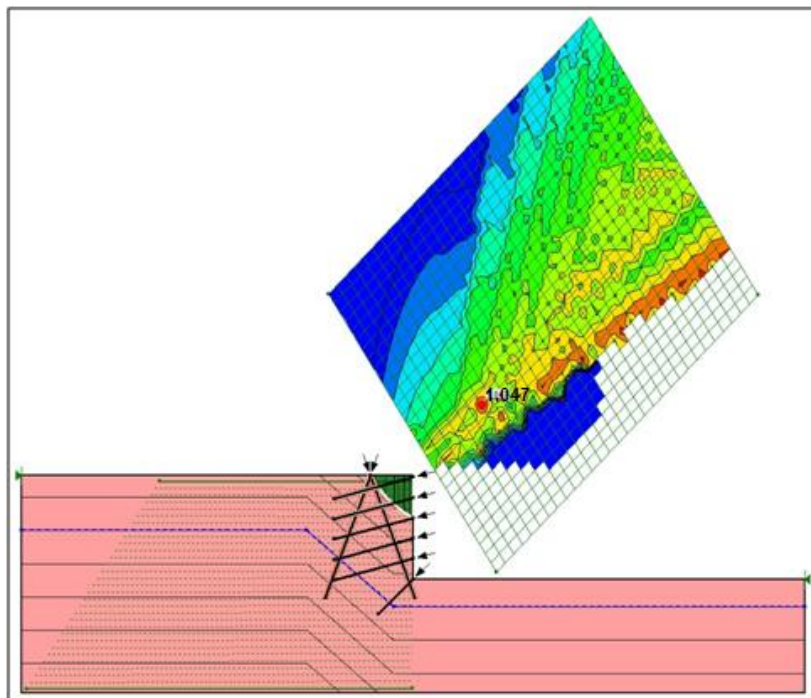
Fonte: O autor (2018).

Observou-se nesta análise que o projeto atendeu os parâmetros normativos no que diz respeito ao valor do coeficiente de segurança, por ser numericamente superior a 1,50.

#### 4.5.2 Segunda simulação

Uma segunda análise foi realizada, considerando a presença de todos os grampos, mas, dessa vez com a ausência dos drenos horizontais que acarretam ao solo, o estado de saturação. O fator foi igual a 1,047 (Figura 27).

**Figura 27** - Coeficiente de segurança ao ser considerado a ineficiência dos drenos.



Fonte: O autor (2018).

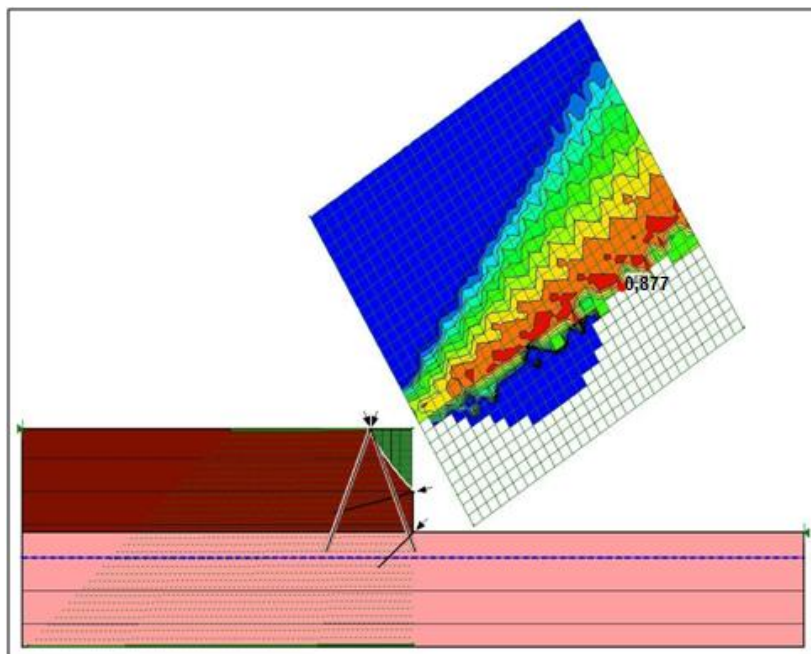
Neste caso, a saturação do solo contribuiu para a redução do FS em 57,02%, em relação ao projetado, ocasionado pelo aumento no peso específico do solo e diminuição da coesão e ângulo de atrito interno.

#### 4.5.3 Terceira simulação

Foi considerado a situação da construção de apenas dois grampos aliado ao sistema de drenagem, conforme o projeto (Figura 28).



**Figura 28** - Coeficiente de segurança ao ser considerado a eficiência dos drenos e apenas dois grampos.



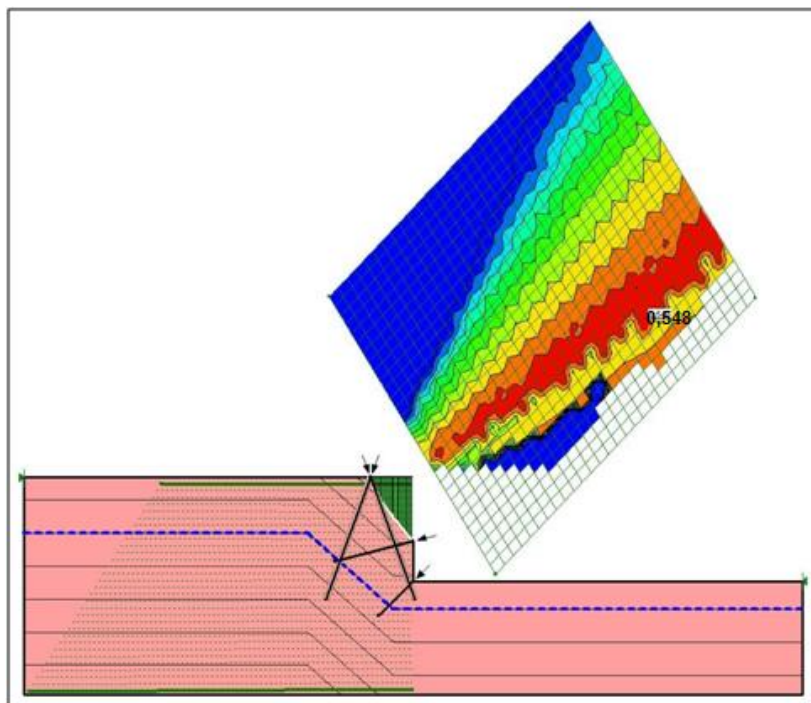
Fonte: O autor (2018).

A redução em um terço da quantidade de grampos ocasionou redução no FS em 87,46% em relação ao projetado. Nota-se o nível de comprometimento estrutural, ao ser levado em consideração a execução de apenas duas linhas de furação conforme projeto, sendo uma delas a do pé do talude.

#### 4.5.4 Quarta simulação

Por último, foi simulado a pior das situações, representada pela execução de apenas dois grampos, sem o sistema de drenagem (Figura 29).

**Figura 29** - Coeficiente de segurança ao ser considerado a ineficiência dos drenos e apenas dois grampos.



Fonte: O autor (2018).

O coeficiente 0,548 (cerca de um terço do projetado), corresponde a situação mais desfavorável de todas, que por sua vez é a que representa o fator de segurança conforme os parâmetros executados.

#### 4.6 Análise dos resultados

A partir das análises probabilísticas realizadas que definiram a superfície de ruptura mais desfavorável e fazendo-se referência aos fatores de segurança mínimo recomendado para os níveis de segurança contra danos materiais e ambientais e níveis de segurança contra perda de vidas humanas, estabelecidas na norma da ABNT 11682, que para esse caso será igual a 1,50 (Tabela 3), pode-se analisar os coeficientes obtidos (Tabela 4).



**Tabela 3** - Fatores de segurança mínimos para deslizamentos.

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais	Nível de segurança contra danos a vidas humanas		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

Fonte: ABNT NBR 11682 (2009).

**Tabela 4** - Coeficientes de segurança obtidos computacionalmente.

Situações	Fatores de segurança
Com todos os grampos e drenos	1,644
Com todos os grampos e sem drenos	1,047
Sem alguns grampos e com drenos	0,877
Sem alguns grampos e sem drenos	0,548

Fonte: O autor.

Apenas a primeira simulação, que recriou as condições estabelecidas em projeto, atendeu a determinação normativa, conferindo ao mesmo uma alta probabilidade de não ocorrência de sinistro. Quanto as simulações de número dois e três, por apresentarem FS menor que o mínimo estipulado, proporcionaria a sua execução risco de deslizamento do talude. A quarta simulação, que retratou a condição executada, apresentou o fator de segurança, tornando o entendimento mais fácil no que se refere ao estudo das causas de sua ruína, decorrido aproximadamente dois anos da finalização de sua execução.

Faz-se referência que a coesão diminui com o aumento do grau de saturação do solo, nesse sentido, a ausência de drenos subhorizontais profundos contribuiu para a diminuição dos fatores de segurança. Essa saturação também ocasiona, o aumento do peso específico e a diminuição do ângulo de atrito interno. Constatou-se a diminuição do FS devido ao número menor de grampos executados, bem como sua execução apenas na parte inferior do talude, que contribuíram para que ocorresse seu

deslocamento ao ponto de ter ocorrido o colapso, inicialmente observado pelo desalinhamento do revestimento da contenção.

Contatou-se que a implementação de sistemas de drenagem (profundos e superficiais) que impeçam a infiltração de água, ajudam a garantir a estabilidade do solo, sendo imprescindível sua execução com rigoroso processo de execução.

O *software* utilizado, atribui a cor vermelha aos menores fatores de segurança e cor verde para os maiores, ao serem consideradas as várias superfícies de ruptura (fatias), nas regiões de potencial escorregamento identificadas pelo formato de um quarto de círculo.

## **5 NOVA CONTENÇÃO CONSTRUÍDA**

### **5.1 Planejamento**

A diretoria da construtora e incorporadora do edifício, buscando uma solução para construir uma nova contenção, decidiu que não seria realizado reforço utilizando a técnica anterior, com base no argumento que não se tinha segurança em realizar tal procedimento. A opção de construí-la em concreto armado foi aceita de modo a serem contratados projetistas para a fundação, drenagem e superestrutura, principalmente pelo fato de se adentrar poucos centímetros no estacionamento existente, além do fato de seu revestimento ser plano (sem reentrâncias). As engenheiras civis, Carla de Resende e Denise Vaz de Campos da empresa BMS Projetos, foram as autoras dos dois primeiros e o engenheiro Michel Henrique da Silveira da Domo Engenharia pelo último.

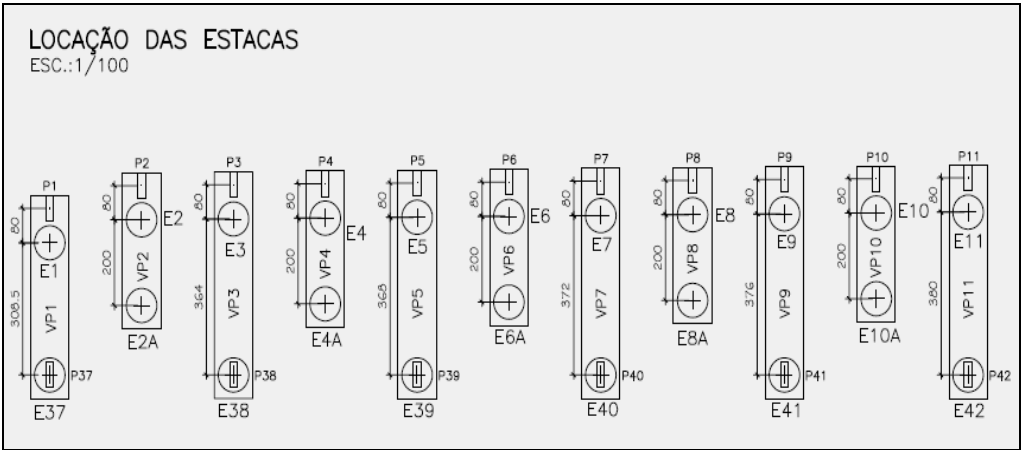
### **5.2 Projeto e execução**

A modelagem do pórtico foi realizada no TKS software, de propriedade da TKS Informática Ltda, levando-se em consideração as definições de Estado Limite Último (ELU) de ruptura, sendo verificadas suas deformações. O carregamento utilizado foi do tipo trapezoidal, considerando o momento fletor como esforço solicitante mais crítico. O muro foi calculado como se fosse uma laje em posição vertical (malha XY). Destaca-se que as condições singulares envolvidas, levaram ao

desenvolvimento de uma estrutura específica, ao ponto de não ser encontrado algo similar, em pesquisas realizadas.

De modo a acompanhar a disposição das vagas de garagem existentes, foram executados 35 (trinta e cinco) blocos de coroamento no intuito de transferir os esforços para suas 70 (setenta) estacas de 80 (oitenta) centímetros de diâmetro, onde 38 (trinta e oito) delas possuíam 6,00m de profundidade e as demais com 8,00m. Assim sendo, cada bloco continha duas estacas. Os de maior dimensão referem-se as estacas mais profundas, de maneira análoga, os blocos menores eram compreendidos pelas estacas mais rasas (Figura 30).

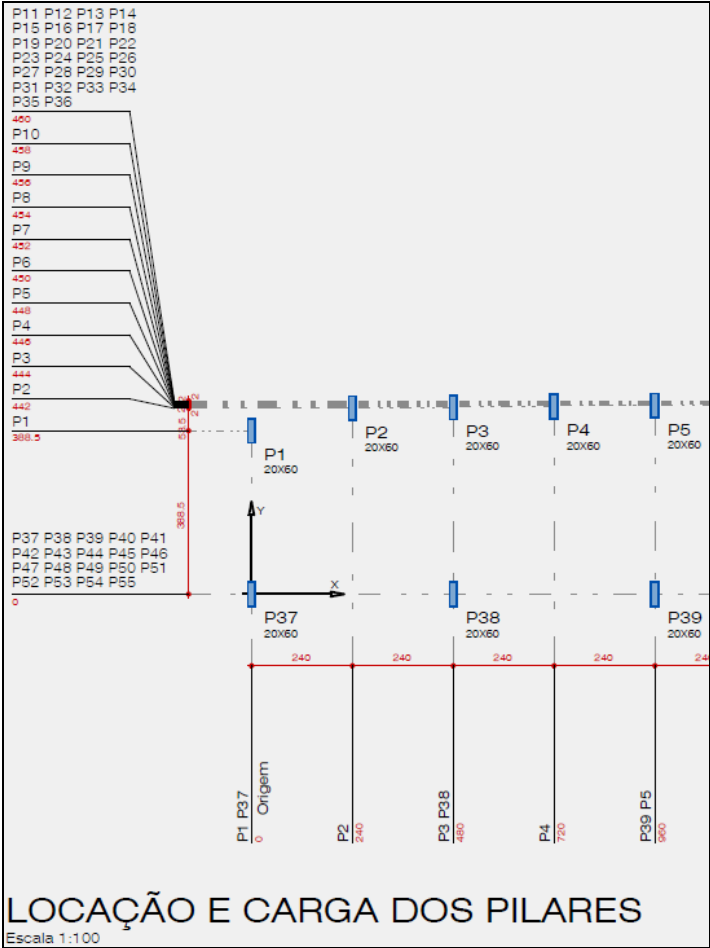
Figura 30 - Locação das estacas.



Fonte: Adaptado de Resende e Campos (2013).

Seu eixo longitudinal coincidia com o das pinturas de demarcação das vagas de estacionamento, onde a cada duas seriam locados pilares em seu início (Figuras 31). O fator de resistência característica a compressão conforme projeto era 20MPa (estacas) e 25MPa para os blocos, pilares, vigas e cortina.

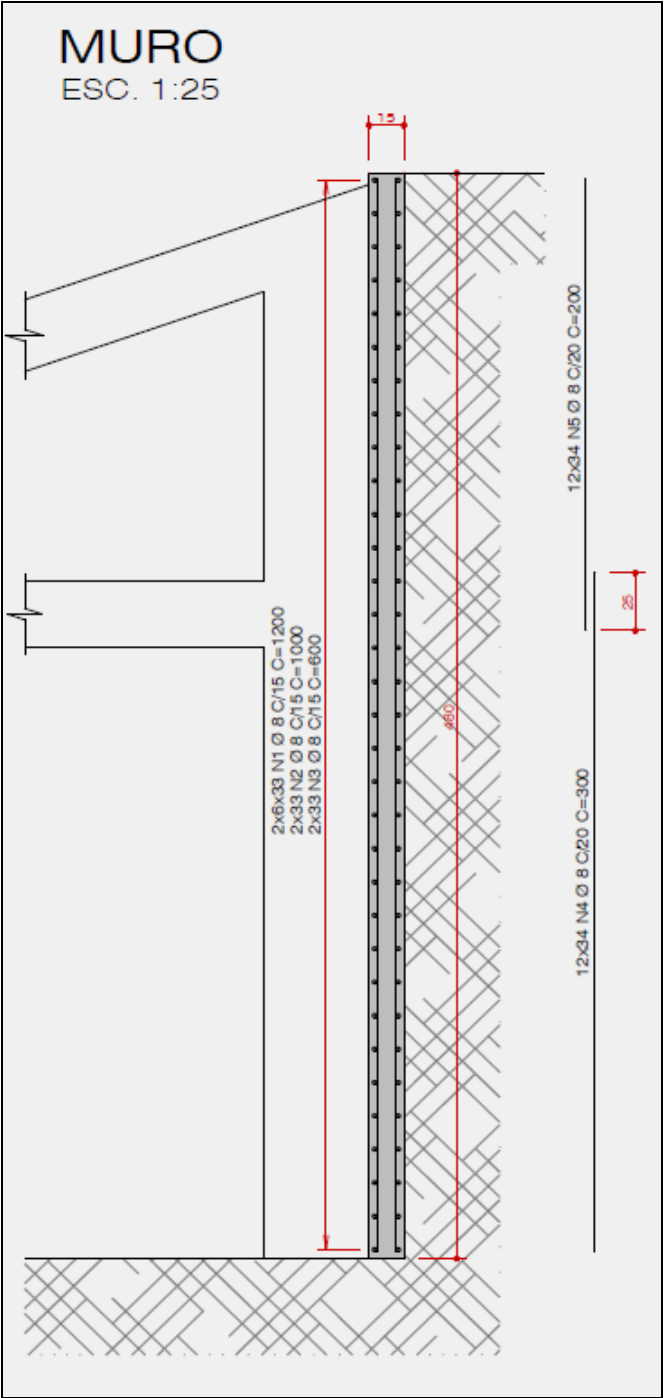
Figura 31 - Locação dos pilares.



Fonte: Adaptado de Silveira (2013a).

Os 36 (trinta e seis) pilares que faceavam o solo a ser estabilizado, possuíam dimensões 20x60cm, sendo que 15 (quinze) centímetros dessa última dimensão, engastavam o muro de 4,80m de altura (Figura 32). Existiam dois nós para esses pilares, sendo um com o comprimento de 3,00m e o outro com 1,80m.

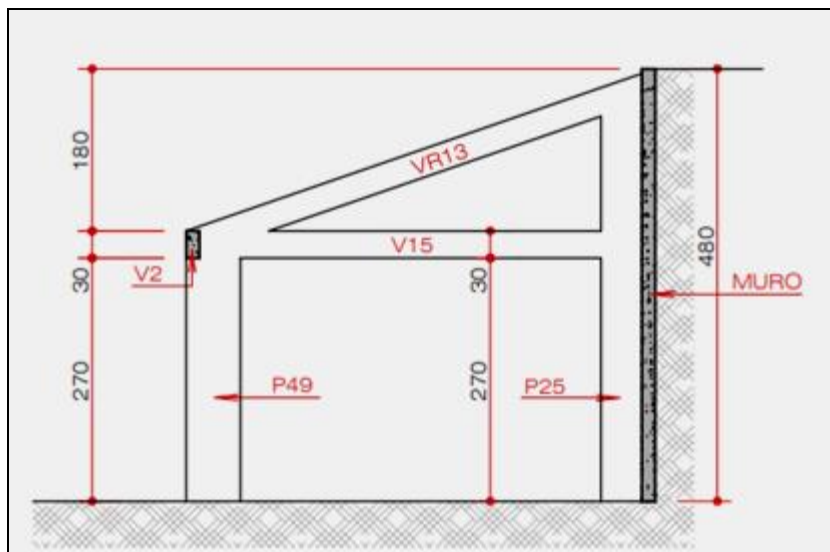
Figura 32 - Perfil do muro.



Fonte: Adaptado de Silveira (2013b).

Fazia parte do projeto uma viga longitudinal (de mesma extensão que o muro), vigas inclinadas e transversais de forma a compor um pórtico (Figura 33).

Figura 33 - Superestrutura projetada.



Fonte: Adaptado de Silveira (2013a).

O condomínio foi avisado sobre a necessidade de realização desse projeto, concedendo autorização para que ocorresse sua execução, gerando a necessidade de registro da ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) junto ao CREA (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia) de São Paulo (ANEXO C). Assim sendo, os condôminos que tomaram ciência de sua estética, interrogaram o executor por várias vezes, no sentido de dar explicações sobre o porquê de sua determinação. Foi reiterado que por motivos técnicos, essa seria a solução corretiva a ser adotada.

Drenos verticais foram instalados no talude, ao serem construídos tubos artificiais feitos de manta geotêxtil, preenchidos com agregados de tamanho graúdo (brita número 2), por sua vez interligados às caixas de passagem de águas pluviais construídas (linha exclusiva para captação de água pluvial) localizada paralelamente à contenção, que por sua vez desaguava na rede, localizada na rua.

Utilizou-se também o geocomposto drenante MacDrain (produto patentado e fabricado pela empresa Maccaferri) que possui elevada capacidade drenante, do tipo

FP (forma perdida), especialmente indicada para situações onde o geocomposto estará diretamente em contato com o concreto (Figura 34), no intuito de evitar que o muro tivesse contato com a água, além de reforçar sua capacidade drenante, evitando que houvesse esforços de subpressão impostos pela água.

**Figura 34** - Instalação de geocomposto na face interna do muro.



Fonte: O autor (2014).

O aspecto final após realização dos serviços de acabamento e decorrido 13 (treze) meses após seu início foi considerado satisfatório pela equipe que a executou (Figura 35), onde essa nova estrutura foi recebida pelo condomínio em 28/11/2014 (ANEXO E), lembrando que a construtora é responsável pela sua manutenção durante o período especificado em nossa legislação.

**Figura 35** - Nova contenção construída.



Fonte: O autor (2014).

### **5.3 Preços e dificuldades encontradas durante sua execução**

Na época foram gastos R\$ 1.216.477,28 (ANEXO D), que nos dias atuais correspondem à R\$ 1.536.228,07 (ANEXO F), cujo valor foi obtido ao se fazer uso do site do Tribunal de Justiça do Distrito Federal e dos Territórios - TJDF, considerando como data base o mês e ano que ocorreu a entrega da obra ao condomínio, que leva em consideração o Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC), ou 519,45 INCC (ANEXO G), desembolso gasto ao longo de sua execução que não leva em consideração os preços para realização de seus projetos.

Quanto as dificuldades encontradas para sua realização pode se dizer que vários foram os fatores impeditivos a um bom andamento da obra, como o turno de trabalho ter seu início às 08:00h e não às 07:00h, para que os moradores não fossem perturbados em suas atividades diárias, além da dificuldade da entrada de maquinários e os ruídos advindo de suas utilizações. Relata-se também a presença incômoda de moradores querendo saber o andamento das obras a todo momento.



Pode-se destacar que a sujeira advinda de poeira, ocasionada pela sua execução, tornou necessário lavar duas fachadas do prédio para que ocorresse a entrega, sendo que a maior reclamação recaiu no desconforto decorrente da presença de pilares na área da garagem, que até então não existiam.

Existiu também o agravante em relação à contratação dos empreiteiros envolvidos, que mesmo ofertando preços maiores em função da situação encontrada, não possuíam equipes à disposição, nem mesmo interesse ou colaboradores com experiência na área de manutenção predial, ou em situações semelhantes.

## 6 CONCLUSÕES

Os gastos referentes a construção da nova contenção poderiam ter sido evitados, se a contenção que colapsou tivesse sido construída exatamente conforme o projeto, mesmo que tal ato eventualmente resulta-se em atraso na entrega do empreendimento. A economia advinda da execução parcial do projeto foi muito inferior ao prejuízo conferido a sua marca após o incidente, que ocasionou distratos contratuais e incertezas de condôminos de outros empreendimentos da mesma cidade. A aparente reserva monetária, obtida pelo uso de menos insumos foi superada pelos gastos diretos e indiretos relacionados à construção da nova contenção, podendo ser considerada como economia indevida.

Uma das premissas ensinadas aos acadêmicos de engenharia civil recai sobre não ser assumido responsabilidades que não lhes competem, no que diz respeito a decisões tomadas pela obra, que muitas vezes irão comprometer a qualidade de vida dos moradores de um ou mais edifícios.

Em nenhum momento existiu o interesse em avaliar o projeto em solo grampeado, sempre foi enfatizado a necessidade de sua correta execução. Felizmente, a ruína não ocasionou mortes dos colaboradores presentes, que já estavam dando andamento a construção da nova contenção.

Os parâmetros de qualquer projeto, principalmente os de uma contenção, devem ser respeitados, sob pena da realização de gastos de milhões de reais em caráter de assistência técnica, que seriam inicialmente empenhados na própria empresa, haja vista que do ponto de vista da geotecnia, ao serem aplicados os

parâmetros certos na fase de elaboração e estudo do projeto e posteriormente, sua execução conforme tais premissas, dificilmente haverá problemas na estabilidade final.

A ineficiência da drenagem diminuiu não só o coeficiente de segurança devido à diminuição da tensão efetiva, mas também das propriedades do latossolo, sensíveis à variação do grau de saturação (quanto maior o grau de saturação, piores são seus parâmetros geotécnicos), o que pode ter causado pressões acima das previstas no paramento. Além disso, a execução de drenos subhorizontais profundos em obras com o solo grampeado possui função estrutural, independente da cota em que se encontra o lençol freático. Cabe destacar o quanto a ausência de grampos, ao ser levado em consideração a quantidade projetada, comprometeu de uma forma geral a estabilidade do talude, sendo constatado os fatores responsáveis. Pelas análises realizadas, conclui-se que o projeto atendia os parâmetros normativos quanto ao coeficiente de segurança, de forma que a causa da ruína refere-se à execução de um número menor de grampos em relação ao projeto, bem como a não execução de um sistema de drenagem eficiente.

Cita-se o fato que foram verificadas na contenção anterior, em um prazo aproximado de um ano decorrido de sua entrega, manifestações patológicas que culminaram com o seu colapso, diferentemente do que está acontecendo na nova contenção, visto já ter decorrido quatro anos de sua entrega, sem constatações que culminassem na necessidade de intervenção. Assim sendo, acredita-se que o mínimo de duração da vida útil do projeto (VUP) será atingido que deve ser de o mínimo cinquenta anos.

Outras soluções para a construção de uma nova contenção poderiam ter sido adotadas, sendo que esta custou cerca de R\$ 600.000,00 a mais do que se tivesse sido realizado um reforço utilizando o sistema de solo grampeado (ANEXO B), porém, esteticamente falando, sofreu inúmeras críticas sendo que muitos moradores pensaram que essas vagas de garagem seriam cobertas, aproveitando a estrutura construída.

A contribuição deste trabalho para o meio acadêmico e social é relevante, por levar em consideração a aplicação de conhecimentos técnicos na identificação e resolução de problemas reais.

## REFERÊNCIAS

ALONSO, U. A.; FALCONI, F. F. Considerações sobre o dimensionamento de uma estrutura em solo grampeado. In: SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS E GEOTECNIA, 3. 1996, São Paulo. **Anais... São Paulo, 1996.**

ANDRADE, C. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras.** Tradução de Antônio Carmona Filho e Paulo Roberto do Lago Helene. São Paulo: PINI, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). (1985) **NBR 9061: Segurança de escavação a céu aberto.** Rio de Janeiro, 31p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). (2009) **NBR 11682: Estabilidade de encostas.** Rio de Janeiro, 33p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). (2014). **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - procedimento.** Rio de Janeiro, 256p.

BISHOP, A.W. The use of the slip circle in the stability analysis of earth slopes. **Géotechnique**, v.1, p.7-17, 1955.

BISHOP, A.W. The principle of effective stress. **Teknisk Ukeblad**, v.106, p.859-863, 1959.

BISHOP, A. W. et al. **Factors controlling the strength of partly saturated cohesive soils.** Research Conference Shear Strength of Cohesive Soils, ASCE, p.503-532, 1960.

BISHOP, A. W.; BLIGHT, G. E. Some aspects of effective stress in saturated and unsaturated soils. **Géotechnique**, v.13, p.447-466, 1963.

BONISSONI, L. **Dimensionamento e execução de muros de arrimo em alvenaria estrutural.** 2017. 53p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

CORSINI, R. Solo grampeado. **Infraestrutura urbana.** Brasília, n.20, 2012.

DISTRITO FEDERAL. Lei Complementar n. 755, de 28 de janeiro de 2008. Define critérios para ocupação de área pública no Distrito Federal mediante concessão de

direito real de uso e concessão de uso, para as utilizações que especifica.

**Diário Oficial do Distrito Federal**, Brasília, DF, n. 20, 29 jan. 08. Seção 1, p.02-04.

DOMINGUES, P.C. **Indicações para projetos de muros de arrimo em concreto armado**. 1997. 109p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

FREDLUND, D. G.; MORGENSTERN, N.R. Stress State Variables for Unsaturated Soils. **Journal of the Geotechnical Engineering Division**, v.103, p.446-447, 1993.

FREDLUND, D. G.; RAHARDJO, H. **Soil mechanics for unsaturated soils**. New York: John Wiley, 1993, 517p.

FREITAS, M. A. C. **Análise de estabilidade de taludes pelos métodos de Morgenstern-Price e Correia**. 2011. 146p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

GASPAR, P.F.; SANTOS, A. A. dos. **Contenção de talude de escavação com estacas justapostas estudo de caso**. 2011. 17p. Artigo (Graduação) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, SC.

GEO-RIO.**Manual Técnico de Encostas (2 volumes)**. Secretaria Municipal de Obras. Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2014.

GUERRIN, A.; LAVAUR, R. C. **Tratado de Concreto Armado: muros de arrimo e muros de contenção**. 3. ed. v.6. São Paulo: Hemus Editora Limitada, 2005. 380p.

FELLENIUS, W. **Calculation of the stability of earth dams**. Proceedings of the Second Congress on Large Dams, Washington D.C, 1936, p.445-463.

FREDLUND, D. G.; RAHARDJO, H. **Soil Mechanics for Unsaturated Soils**. John Wiley and Sons, New York, 1993.

JANBU, N.; BJERRUM, L.; KJAERNSLI, B. **Soil mechanics applied to some engineering problems**. Norwegian Geotechnical Institute, 1956, Publication 16.

JENNINGS, J. E. B.; BURLAND, J. B. Limitations to the use of effective stresses in partly saturated soils. **Géotechnique**, v.12, p.125-144, 1962.

LEBERT, M.; HORN, T. *A method to predict the mechanical strength of agricultural soils*. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.19, n.2-3, p.275-286, 1991.

LIBERATI, E. A. P. **Modelos de confiabilidade aplicados à análise de estruturas de concreto armado submetidas à penetração de cloretos**. 2014. 143p.

Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, SP.

LUIZ, B. J. **Projeto geotécnico de uma estrutura de contenção**. 2014. 124p. Projeto (Graduação) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.

MACCAFERRI. **Estruturas de contenção em solos reforçados e reforços de taludes**. Disponível em: <<https://www.maccaferri.com/br/solucoes/estruturas-de-contencao-em-solos-reforçados-e-reforços-de-taludes/>>. Acesso em: 29 maio 2018.

MACHADO, A. X.; MENDES, L. C. Durabilidade e vida útil de estruturas de contenção de encosta situadas na cidade do Rio de Janeiro. In: Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, 7, 2014, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CBPE, 2014, v.01, p.1-10.

MEDEIROS, A. G. B. **Análise numérica de estruturas de contenção em balanço e grampeadas do tipo "estaca justaposta" assentes em solo poroso do DF**. 2005. 135p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, DF.

MCKYES, E.; NYAMUGAFATA, P.; NYAMAPFENE, K. W. Characterization of cohesion, friction and sensitivity of two hardsetting soils from Zimbabwe. **Soil and Tillage Research**, v.29, p.357-366, 1994.

MIKOS, A. P. et al. **Manifestações patológicas decorrentes em solo grampeado e cortina atirantada**. 2º Simpósio Paranaense de Patologia das Construções (2º SPPC), artigo 2SPPC2007, 2017, p.537–546.

MORGENSTERN, N. R.; PRICE, V.E. The analysis of the stability of general slip surfaces. **Géotechnique**, v 15, p.79-93, 1965.

MULLINS, C. E. et al. Hardsetting soils: behavior, occurrence and management. **Adv. Soil Sci**, v.11, p.37-108, 1990.

NOUH, J. R. **Solo grampeado - implantação**. Nough Engenharia Ltda, Desenho nº 01, 2010a.

NOUH, J. R. **Solo grampeado - vistas frontais**. Nough Engenharia Ltda, Desenho nº 02, 2010b.

NOUH, J. R. **Solo grampeado - cortes 1 a 4**. Nough Engenharia Ltda, Desenho nº 03, 2010c.

NOUH, J. R. **Solo grampeado - detalhes**. Nough Engenharia Ltda, Desenho nº 04, 2010d.

NYLE, C. B.; RAY, R. W. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

OLIVEIRA, M. A.; SANTOS, M. S. **Solo grampeado - Zona Ativa, a importância de sua avaliação, como ela pode colaborar no dimensionamento e otimização desta solução**. In: Conferência Brasileira de Estabilidade de Encostas, 5, 2009. Disponível em: <<https://www.abms.com.br/links/bibliotecavirtual/cobrae/2009-marco-aurelio.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2018.

ORTIGÃO, J. A. R. **Introdução à mecânica dos solos dos estados críticos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1995. 378p.

ORTIGÃO, J. A. R.; ZIRLIS, A.; PALMEIRA, E. M. Experiência com solo grampeado no Brasil: 1970-1993. **Solos e Rochas**, ABMS, v.16, p.291-304,1993.

ORTIGÃO, J. A. R; PALMEIRA, E. M; ZIRLIS, A. **Experience with soil nailing in Brazil, 1970-1994**. Proceedings of The Institution of Civil Engineers, Geotechnical Engineering, vol. 113, p. 93-106, London, april, 1995.

PINTO, C.S. **Curso básico de mecânica dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 247p.

PITTA, C. A.; SOUZA, G. J. T.; ZIRLIS, A. C. Solo grampeado: alguns detalhes executivos – Ensaio – Casos de obras. **Workshop sobre Solo Grampeado, ABMS**. São Paulo, p.1-20, 2003.

PITTA, C. A. et al. Quanto tempo durarão as cortinas atirantadas executadas a partir da década de 70? 30 anos? In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 13, 2006, Curitiba. **Anais...** Paraná: COBRAMSEG, 2006.

RESENDE, C.; CAMPOS, D. V. **Projeto de fundação**. Folha 01/01. 2013.

SILVEIRA, M. H. **Locação e carga dos pilares, formas da cobertura e pilares**. Folha 01/02, 2013a.

SILVEIRA, M. H. **Armações das vigas e do muro**. Folha 02/02, 2013b.

SOLOTRAT. **Relatório técnico preliminar** colapso da contenção do condomínio Cajamar XXXX XXXX. Brasília, 9p, 2018.

SPENCER, E. A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel inter-slice forces. **Géotechnique**, v.17, p.11-26, 1967.

SOUZA, V. C.M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

TERZAGUI, K. **The shear resistance of saturated soils**. Proceeding International Conference Soils Mechanics Foundation Engineering. v.01, p.54-56, 1936.

ZIRLIS, A. C. **Solo grampeado - execução**. Texto apresentado na mesa redonda realizada no Instituto de Engenharia, no dia 23 de novembro de 1999, em São Paulo.

ZHU, D.Y. et al. A concise algorithm for computing the factor of safety using the Morgenstern-Price method. **Canadian Geotechnical Journal**, v.42, p.272-278, 2005.

## ANEXO A - PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS EM SOLO GRAMPEADO REPARO PONTUAL, (ADAPTADO).



São Paulo 01 de Abril de 2013

Para:

At.:

Obra: Empreendimento residencial vertical

Local: Polvilho - Cajamar

Asst.º: Procedimentos executivos

Prezados Senhores

1. Vimos apresentar a V.Sas. procedimentos executivos para a restauração de trecho de solo grampeado com sinais de deformações, localizado no empreendimento residencial vertical erigido na quadra por V.Sas. no município de Cajamar, estado de São Paulo.

### 2. Procedimentos executivos

Em inspeção técnica efetuada no dia 26 de Março de 2013 na presença dos técnicos da , ( empresa executora do solo grampeado ) e da Noun Engenharia ( projetista do solo grampeado ), observou-se que as medidas mitigadoras a serem executadas apresentadas em nosso relatório do dia 27 de fevereiro de 2013 poderiam ser aplicadas em trechos específicos onde as manifestações anômalas do solo grampeado foram constatadas. Outra questão levantada foi a possibilidade da ocorrência de danos nas tubulações de água pluvial e de alimentação existentes na rua logo à montante do paramento do solo grampeado, que poderiam estar ocasionando a infiltração de água no maciço. Face a estas constatações, apresentamos os procedimentos executivos a serem aplicados no local.

- a) Inspeção de todas as tubulações de água existentes na rua localizada logo à montante do paramento do solo grampeado, de forma a se averiguar a possibilidade da existência de infiltração de água no maciço. Na eventualidade da constatação de danos nas tubulações, efetuar imediatamente o seu reparo;
- b) Execução de novos drenos ( DHP's e barbacãs ) em substituição aos que estão implantados no local ( que deverão ser tamponados ) e que estão apresentando intenso carreamento de material terroso;

**noun** engenharia ltda  
noun@uol.com.br / nounengenharia@terra.com.br

Rua Vergueiro, nº 2.612 – 8º andar – cj. 51 - Vila Mariana  
São Paulo - S.P. - CEP 04102-500  
Tel / Fax: 0873-3866





- c) Execução de consolidação do terreno na região onde estão implantados os grampos do solo grampeado através da injeção de calda de cimento através de tubos manchetados distribuídos em planta segundo uma malha de 0,75 x 0,75 m e com 6 m de profundidade;
- d) Demolição do revestimento do solo grampeado e posterior restauro do concreto projetado ( espessura de 10 cm e tela soldada tipo Q196 CA-60 ) no trecho onde foi detectado deformação;
- e) Obturação das erosões subterrâneas existentes no maciço através da verteeção de "coulis" ( calda de cimento / bentonita / areia / água ) por simples gravidade;
- f) Execução de sistema de drenagem interna conforme metodologia executiva apresentada em nosso relatório técnico de 14 de Março de 2012.

Apresentamos a seguir "croquis" esquemático com o resumo das manifestações anômalas observadas e os seus trechos correspondentes.



Conforme o "croquis" esquemático acima apresentado, recomendamos a seguinte compartimentalização de execução dos procedimentos executivos:

- Trecho em vermelho: os procedimentos executivos deverão ser obrigatoriamente implantados ( extensão total de cerca de 40 m );



- Trecho em amarelo: trecho com alguns sinais de carreamento de solo, porém sem indícios de deformação do solo grampeado. A critério da Brookfield, neste trecho os procedimentos executivos poderão ser postergados, mediante monitoramento semestral das possíveis manifestações patológicas neste trecho. Entretanto, recomendamos que nos 10 m localizados no trecho B, os procedimentos executivos sejam implantados (a menos da demolição e restauro do concreto projetado) em função dele estar entre dois trechos que serão obrigatoriamente tratados;
- Trecho em verde: trecho sem indícios aparentes de anomalias, não sendo necessário neste momento nenhuma intervenção.

Com base na compartimentalização acima recomendada, apresentamos uma estimativa de quantidades de serviços:

item		Unid.	Trecho em vermelho	Trecho em amarelo (*)	Total
Consolidação	furos	unid.	355	90	445
	perfuração	m	2130	540	2670
DHP		m	320	80	400
Barbacã		unid.	55	15	70
Demolição e restauro do concreto projetado		m <sup>2</sup>	220	-	220
Cortina de estacas justapostas preenchidas com areia	estacas	unid.	160	40	200
	perfuração	m	960	240	1200

(\*): as quantidades deste trecho em amarelo se referem apenas aos 10 m do Trecho B, ou seja, os trechos em amarelos do Trecho A e Trecho C não estão considerados nestas quantidades. O trecho em verde do Trecho D também não estão computados nestas quantidades.

### 3. Conclusão

Os procedimentos executivos apresentados neste documento visam restabelecer as condições de estabilidade do solo grampeado que foram prejudicadas pelo carreamento de solo observado no local.

A partir da compartimentalização dos trechos com anomalias no solo grampeado, pode-se estabelecer os trechos prioritários de intervenção, otimizando as quantidades estimadas dos serviços a serem executados.

Entretanto, mister-se faz salientar a necessidade de se acompanhar semestralmente as condições de estabilidade dos trechos que, neste momento, não serão alvos dos procedimentos executivos aqui apresentados, de forma a se detectar rapidamente uma



eventual progressão das anomalias e se decidir, com critério, a necessidade da implantação destes procedimentos executivos nestes trechos não tratados.

Reiteramos aqui novamente que a decisão final de se executar ou não estes procedimentos executivos, e consequentemente assumir os riscos inerentes à ela, continua sendo atribuição exclusiva do proprietário.

4. Sendo quanto se nos apresentava para o momento, subscrevemos

Atenciosamente


Eng.

eng.º



## ANEXO C – ART DA CONTENÇÃO EM CONCRETO ARMADO (ADAPTADO).

Resolução nº 1.025/2009 - Anexo I - Modelo A  
Página 1/1



**Anotação de Responsabilidade Técnica - ART**  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977  
**Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo**

**CREA-SP**

**ART de Obra ou Serviço**

---

**1. Responsável Técnico**

**RENATO FERREIRA LIMA**  
Título Profissional: Engenheiro Civil

Empresa Contratada:

RNP: 1006263209  
Registro:  
Registro: 0000000-SP

---

**2. Dados do Contrato**

Contratante:  
Endereço:  
Complemento:  
Cidade: São Paulo  
Contrato: Sem número  
Valor: R\$ 642.978,80  
Ação Institucional:

CPI/CNPJ:  
N°:  
Bairro:  
UF: SP  
CEP:  
Cidade: São Paulo  
Vinculada a Art n°:  
Celebrado em: 11/11/2013  
Tipo de Contratante: Pessoa jurídica de direito privado

---

**3. Dados da Obra/Serviço**

Endereço:  
Complemento: RESIDENCIAL  
Cidade: Cajamar  
Data de Início: 11/11/2013  
Previsão de Término: 16/03/2014  
Coordenadas Geográficas:  
Finalidade:  
Proprietário:

N°:  
Bairro: PORTAIS (POLVILHO)  
UF: SP  
CEP:  
Código:  
CPI/CNPJ:

---

**4. Atividade Técnica**

Execução	Execução	Contenções	Concreto armado	Quantidade	Unidade
1				510,00	metro quadrado

Apos a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

---

**5. Observações**

Cortina em concreto armado, sendo sua fundação composta de 70 (setenta) estacas de 80 (oitenta) centímetros de diâmetro, 35 (trinta e cinco) blocos de coroamento, 55 (cinquenta e cinco) pilares, 21 (vinte e uma) vigas, 13 (dezenove) vigas de reforço e, a cortina ao longo de 85 (oitenta e cinco) metros lineares com base de 20 centímetros.

---

**6. Declarações**

Acessibilidade: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

---

**7. Entidade de Classe**

D-NÃO DESTINADA

**8. Assinaturas**

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Local \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

RENATO FERREIRA LIMA


**9. Informações**

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo Nosso Número.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.crea.org.br](http://www.crea.org.br) ou [www.crea.org.br](http://www.crea.org.br)

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

[www.crea.org.br](http://www.crea.org.br)  
tel: 0800-17-19-11



---

Valor ART R\$ 158,08

Registrada em: 16/03/2014

Valor Pago R\$ 158,08

Nosso Número:

Versão do sistema

## ANEXO D – TERMO DE RECEBIMENTO (ADAPTADO).

## TERMO DE ACEITE DE ÁREA COMUM

Condomínio Cajamar-SP

Sr<sup>a</sup>

Sindica.

Como representante Legal do Condomínio \_\_\_\_\_, por sua vez localizado à \_\_\_\_\_, declaro estar recebendo a ***“Estrutura de Contenção”***, realizada ao longo de **85.00 metros de comprimento**, que (encontra-se adjacente a Rua dos \_\_\_\_\_), composta de pilares, vigas, cortina de concreto armado com **4.80 metros** de altura e seus devidos acabamentos *“pintura texturizada, rufos e pingadeiras”*, sendo realizada a *“pintura de demarcação de vagas, piso intertravado e iluminação”*, igualmente ao projeto elaborado por engenheiros, aprovado e devidamente registrado. Atesto que todas as obras realizadas neste condomínio estão de acordo com o apresentado, assim em plenas condições de uso pelos condôminos. Com relação a garantia, conforme Código Civil, Código de Defesa do Consumidor e decisões judiciais (jurisprudências) as construtoras devem oferecer os prazos de **cinco anos** da data de entrega (para problemas em peças estruturais que possam comprometer a solidez e segurança da estrutura de contenção do muro) e, de **um ano** (para problemas nas instalações elétricas e, empolamento, descascamento ou esfarelamento do acabamento de pintura), que aplica-se a vícios ocultos, ou seja, problemas que não são aparentes e só são descobertos com o passar dos anos.

\_\_\_\_\_  
Sindica\_\_\_\_\_  
Representante

RG

\_\_\_\_\_  
Subsindica

RG

Cajamar-SP 28/11/2014.



ANEXO E – ORÇAMENTO DA OBRA ATUALIZADO EM 27/10/2018.

27/10/2018

Cálculo — TJDF-Tribunal de Justiça do Distrito Federal e dos Territórios

Cálculo

Atenção!

- A rotina de atualização monetária não atende as regras dos cálculos fazendários.
- Caso necessite que o percentual de juros de mora comece a incidir após ou entre as datas das parcelas selecione "Após ou Entre o(s) Valor(es) Devido(s)", e "Antes do(s) Valor(es) Devido(s)" para os juros começarem a incidir antes das datas das parcelas.
- Caso o usuário preencha o campo "Valor Devido" com valor de um resultado onde já tenha sido aplicado os juros de mora, o resultado do presente cálculo incorrerá na capitalização de juros.
- Correção Monetária a partir de março de 1965 (atualmente INPC - clique em índices da contadoria para consultar histórico de índices).
- Todos os dados informados são de inteira responsabilidade do usuário, o qual assume total responsabilidade por eventuais omissões, inverdades ou incorreções que vierem a ser detectadas.
- Antes de imprimir confira os dados. Pense em sua responsabilidade e compromisso com o meio ambiente.

Resultado do Cálculo (em Real)

Correção Monetária

Atualizado até: 27/10/2018

Juros Incidentes: A partir do(s) Valor(es) Devido(s)

Percentual de Juros: 0,00%

Valores Devidos

Data do Valor Devido	Valor Devido	Fator CM	Valor Corrigido	Juros %	Juros R\$	Corrigido+Juros R\$
28/11/2014	1.216.477,28	1,26284979	1.536.228,07	0,00%	0	1.536.228,07
Subtotal						1.536.228,07
Total Geral						1.536.228,07

## ANEXO F – CÁLCULO DO PREÇO DA OBRA, EM INCC.

Mês/ano	Índice do mês (%)	Índice acumulado no ano (%)	Índice acumulado nos últimos 12 meses (%)	Número índice acumulado a partir de Jan/93	Preço não acumulativo (R\$)	Custo indexado (INCC)
nov/14	0,30	6,47390	6,7081	2.090,51	1.216.477,28	581,90
dez/14	0,25	6,74000	6,7400	2.095,74	1.216.477,28	580,45
jan/15	0,70	0,70000	6,7400	2.110,41	1.216.477,28	576,42
fev/15	0,50	1,20350	6,8038	2.120,96	1.216.477,28	573,55
mar/15	0,36	1,56780	6,9529	2.128,60	1.216.477,28	571,49
abr/15	0,65	2,22800	6,9318	2.142,43	1.216.477,28	567,80
mai/15	0,45	2,68800	5,9613	2.152,07	1.216.477,28	565,26
jun/15	1,87	4,60830	6,6101	2.192,32	1.216.477,28	554,88
jul/15	0,66	5,29870	6,4621	2.206,79	1.216.477,28	551,24
ago/15	0,80	6,14110	7,1102	2.224,44	1.216.477,28	546,87
set/15	0,22	6,37460	7,1744	2.229,34	1.216.477,28	545,67
out/15	0,27	6,66180	7,2493	2.235,36	1.216.477,28	544,20
nov/15	0,40	7,08850	7,3562	2.244,30	1.216.477,28	542,03
dez/15	0,12	7,21700	7,2170	2.246,99	1.216.477,28	541,38
jan/16	0,32	0,32000	6,8124	2.254,18	1.216.477,28	539,65
fev/16	0,52	0,84170	6,8337	2.265,90	1.216.477,28	536,86
mar/16	0,79	1,63830	7,2914	2.283,80	1.216.477,28	532,65
abr/16	0,41	2,05500	7,0356	2.293,17	1.216.477,28	530,48
mai/16	0,19	2,24890	6,7585	2.297,52	1.216.477,28	529,47
jun/16	1,52	3,80310	6,3917	2.332,45	1.216.477,28	521,55
jul/16	1,09	4,93460	6,8462	2.357,87	1.216.477,28	515,92
ago/16	0,26	5,20740	6,2738	2.364,00	1.216.477,28	514,58
set/16	0,37	5,59670	6,4329	2.372,75	1.216.477,28	512,69
out/16	0,17	5,77620	6,3267	2.376,78	1.216.477,28	511,82
nov/16	0,17	5,95600	6,0832	2.380,82	1.216.477,28	510,95
dez/16	0,36	6,33740	6,3374	2.389,39	1.216.477,28	509,12
jan/17	0,29	0,29000	6,3056	2.396,32	1.216.477,28	507,64
fev/17	0,53	0,82150	6,3162	2.409,02	1.216.477,28	504,97
mar/17	0,36	1,18450	5,8626	2.417,69	1.216.477,28	503,16
abr/17	-0,08	1,10350	5,3460	2.415,76	1.216.477,28	503,56
mai/17	0,13	1,23500	5,2829	2.418,90	1.216.477,28	502,91
jun/17	1,36	2,61180	5,1170	2.451,80	1.216.477,28	496,16
jul/17	0,22	2,83750	4,2124	2.457,19	1.216.477,28	495,07
ago/17	0,40	3,24890	4,3579	2.467,02	1.216.477,28	493,10
set/17	0,14	3,39340	4,1187	2.470,47	1.216.477,28	492,41
out/17	0,19	3,58990	4,1395	2.475,17	1.216.477,28	491,47
nov/17	0,28	3,87990	4,2539	2.482,10	1.216.477,28	490,10
dez/17	0,14	4,02540	4,0254	2.485,57	1.216.477,28	489,42
jan/18	0,28	0,28000	4,0150	2.492,53	1.216.477,28	488,05
fev/18	0,14	0,42040	3,6115	2.496,02	1.216.477,28	487,37
mar/18	0,23	0,65140	3,4772	2.501,76	1.216.477,28	486,25
abr/18	0,28	0,93320	3,8501	2.508,77	1.216.477,28	484,89
mai/18	0,30	1,23600	4,0264	2.516,29	1.216.477,28	483,44
jun/18	0,76	2,00540	3,4106	2.535,42	1.216.477,28	479,79
jul/18	0,72	2,73980	3,9265	2.553,67	1.216.477,28	476,36
ago/18	0,30	3,04800	3,8230	2.561,33	1.216.477,28	474,94
set/18	0,17	3,22420	3,8541	2.565,69	1.216.477,28	474,13
					<b>INCC</b>	<b>519,45</b>



# ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE TRINCAS E FISSURAS EM EDIFICAÇÕES: ESTUDO DE CASO EM RESIDÊNCIA NA CIDADE DE CARDOSO MOREIRA, RJ

## ANALYSIS AND DIAGNOSIS OF CRACKS AND FISSURINGS IN BUILDINGS: CASE STUDY IN RESIDENCE IN THE CITY OF CARDOSO MOREIRA, RJ

Nathalia Fernandez P. M. Chaves<sup>1</sup>  
Jorge Antônio da Cunha Oliveira

### RESUMO

As patologias podem ocorrer numa estrutura de concreto armado tanto na fase de construção como após a sua entrega. A realização de um empreendimento, seja casa, edifícios corporativos, hospitais, entre outros, envolve fases de planejamento, projeto, fabricação e seleção de materiais e execução. Essas fases são fatores importantes que influenciam no desempenho da estrutura, podendo proporcionar alguns danos patológicos. As fissuras são manifestações patológicas que se revelam nas estruturas de concreto, se fazem sentir, inicialmente, nos pontos fracos destas estruturas. Estas aberturas são os danos de ocorrência mais comum e que gera desconforto aos que a veem. Por isso é necessário analisar as tipologias de fissuras, para assim identificar suas causas e possíveis danos que podem trazer à edificação. O trabalho consiste em apresentar motivos que geram a aparição de fissuras, auxiliar na compreensão e no reconhecimento dos problemas e classificá-las de acordo com suas configurações. Para isso optou-se por uma pesquisa bibliográfica levantando

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UnICEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Projeto, Execução e Manutenção de Edificações, sob orientação do Prof. Dr. Jorge Antônio da Cunha Oliveira. 10/2017.

informações sobre causas, onde e como são expostas as fissuras. A fim de complementar o trabalho teórico e com objetivo de ratificar o exposto, é apresentado um estudo de caso, onde foi realizada uma vistoria para identificação desta patologia. Diagnosticou-se que a maioria das fissuras que foram catalogadas ocorreram pela má construção e por variações térmicas e higroscópicas do concreto.

**Palavras-chave:** Análise. Causas. Concreto armado. Fissuras. Trincas.

## ABSTRACT

The pathologies may occur in a reinforced concrete structure as well as during the construction phase and after delivery. The accomplishment of an enterprise, it may be a house, corporate buildings, hospitals, among others, involves phases of planning, design, manufacturing and selection of materials and execution. These phases are important factors that influence the performance of the structure, whether it is good or not, and they can provide some pathological damages. The cracks are pathological manifestations that appear in the concrete structures, they can be noticed, initially, in the weak points of these structures. These openings are the most common occurring damages and they cause discomfort to those who see it. That is why it is necessary to analyze the typologies of the cracks to thereby identify their causes and possible damages that they can bring to the building. This work will present reasons that cause the appearance of the cracks, it will help in the understanding and recognition of the problems and it will classify them according to their configurations. That is why it was opted for a bibliographical research raising information about causes and where and how the fissures are exposed. In order to complement the theoretical work and with the goal to affirm what was stated, a case study is presented, in which a survey was carried out to identify this pathology. The study diagnosed that most of the cracks that were cataloged occurred due to the bad construction and thermal and hygroscopic variations of the concrete.

**Keywords:** Analysis. Causes. Fissure. Reinforced concrete. Cracks.

## 1 INTRODUÇÃO

A patologia na construção civil corresponde a danos ou defeitos que determinam desempenho inadequado de um elemento estrutural ou da estrutura como um todo. Ela envolve a análise dos sintomas que se destacam pelos defeitos que se manifestam na estrutura, pesquisa a sua origem e as prováveis causas, assim definindo o diagnóstico da patologia.

Desde o início da civilização a construção de estruturas adequadas a sua necessidade é uma preocupação do homem, tendo elas o uso que for. Com isso, o homem acumulou grandes conhecimentos e técnicas ao longo dos séculos, o que gerou um desenvolvimento de tecnologias da construção. O rápido crescimento

desse ramo provocou a necessidade de inovações que trouxeram, em si, a aceitação de maiores riscos. Por este motivo teve a necessidade de desenvolver estudos para a análise dos erros acontecidos, que têm resultado em deterioração precoce ou em acidentes. Então este novo campo de conhecimentos, cujo objetivo é abordar, de maneira científica, o comportamento e os problemas das estruturas foi criado. Designa-se de forma genérica por Estudos das Patologias esse novo campo da Engenharia.

A grande maioria das manifestações patológicas apresentam sintomas característicos que permitem determinar a sua origem e as causas que conduziram ao seu aparecimento. Tomou-se como exemplo neste trabalho as fissuras que se manifestam numa edificação, sejam elas em elementos estruturais ou em paredes, a análise de sua distribuição e configuração, muitas vezes se permite estabelecer o diagnóstico e identificar as causas e os mecanismos envolvidos no processo.

O objetivo deste trabalho é analisar as tipologias de fissuras e compreender quais motivos geraram suas aparições, para facilitar o reconhecimento dos problemas que existem na edificação. Além de demonstrar características que essas fissuras podem apresentar em casos distintos e classificá-las de acordo com sua configuração. Para alcançar esses objetivos foram efetuados estudos bibliográficos sobre fissuras e trincas em especial, dentre outras tantas patologias existentes. E para implementar e aplicar os conhecimentos apresenta-se um estudo de caso, com acervo fotográfico, com objetivo de exemplificar os conhecimentos obtidos.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

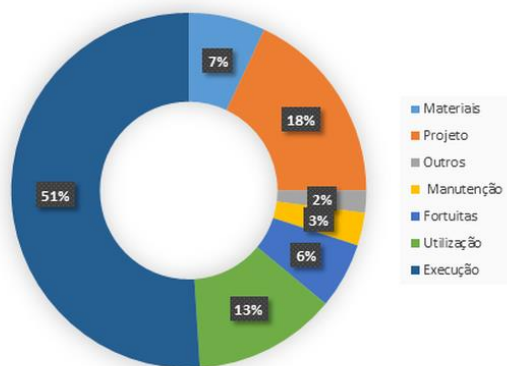
### **2.1 Deterioração das estruturas de concreto**

Os efeitos que resultam da deterioração das estruturas de concreto, através de agentes internos e externos, de início se fazem sentir nos pontos fracos destas estruturas. Em sua maioria são causadas pela falta de cuidado em escolhas de materiais, métodos de execução, e muitas vezes sua causa vem da fase inicial de qualquer construção, a fase de projeto, onde há falta de detalhamento e um programa concreto e adequado de manutenção. A falta de conhecimento de características prévias do local da obra, como zonas industriais, ambientes com grande índice de

umidade, com atmosfera agressiva, a utilização incorreta de elementos em estruturas de concreto, arquiteturas diferenciadas, todas são falhas que podem, individualmente ou em conjunto, criar as condições suficientes para diminuir a vida útil das estruturas e consequentemente a aparição de diversas patologias da construção.

Segundo Gomes (2016), no Brasil (figura 1), as principais causas das patologias estão relacionadas à execução. A segunda maior causa são os projetos que pecam por má avaliação de cargas; erros no modelo estrutural; erros na definição da rigidez dos elementos estruturais; falta de drenagem; ausência de impermeabilização; e deficiências no detalhamento das armaduras.

**Figura 13:** Incidência no Brasil



Fonte: Site: unumarquitetura.com. Gomes (2016).<sup>2</sup>

A crescente evolução e demanda que a construção civil teve, gerou inúmeras tecnologias de matérias e de técnicas de execução de edifícios. Fizeram com que obras fossem sendo conduzidas com velocidades cada vez maiores, fatos que provocaram a queda gradativa da qualidade de nossas construções.

A busca de soluções e maneiras de recuperação ou reforço de uma estrutura de concreto são efetivamente “bem-sucedidas se forem cuidadosamente estudadas e

<sup>2</sup> Disponível em: <http://www.unumarquitetura.com/single-post/2016/1/11/PATOLOGIAS-NA-CONSTRU%C3%87%C3%83O-CIVIL>

analisadas, em conjunto, as condições físicas, químicas, ambientais e mecânicas às quais a estrutura está submetida, as causas de sua deterioração (que podem ser múltiplas) e os efeitos (sintomas patológicos) que possuem”. (SOUZA; RIPPER, 1998)

## 2.2 Trincas e fissuras

Algumas normas e alguns peritos classificam as fissuras com diferentes nomes, conforme a sua espessura. Segundo a norma de impermeabilização (NBR 9575:2003), as microfissuras têm abertura inferior a 0,05 mm. As aberturas com até 0,5 mm são chamadas de fissuras e, por fim, as maiores de 0,5 mm e menores de 1mm são chamadas de trincas. Segundo Gandiski em entrevista à revista Pini Web “esse tipo de nomenclatura pode ser aplicada às trincas passivas, que não variam ao longo do tempo, em função da variação da temperatura tópica. Já para as trincas ativas, que variam conforme a respectiva variação higrótérmica, essa nomenclatura é inaplicável, pois a classificação mudaria conforme o instante da medição”.

As trincas, dentre os problemas patológicos que afetam edifícios, por mais comuns que sejam dentre as manifestações patológicas, pode ser considerado o mais importante, devido a três aspectos: o comprometimento do desempenho da obra, o aviso de que há algum eventual estado de perigo para a estrutura e a impressão que causa a usuários e proprietários para o fato de que algo de anormal está a acontecer.

Essa patologia é considerada característica das estruturas em concreto, a fissuração será caracterizada como deficiência estrutural dependendo sempre de sua origem, intensidade e magnitude do quadro de fissuração existente. Por ser um material com baixa resistência à tração, o concreto fissurará por natureza, já que as fissuras são originadas por conta das tensões nos materiais.

Quando a solicitação é maior do que a capacidade de resistência do material, a fissura tem a tendência de aliviar suas tensões. Quanto maior for a restrição imposta ao movimento dos materiais, e quanto mais frágil ele for, maiores serão a magnitude e a intensidade da fissuração. A formação das fissuras, como explica o engenheiro Renato Sahade, diretor técnico da ATS Engenharia e Consultoria, está ligada a situações externas ou internas. Entre as ações externas aos componentes, estão as fissuras causadas por movimentações térmicas, higroscópicas, sobrecargas, deformações de

elementos de concreto armado e recalques diferenciais. Entre as ações internas, as causas das fissuras estão ligadas à retração dos produtos à base de cimento e às alterações químicas dos materiais de construção. (CORSINI, 2010, p. 01)

## 2.3 Classificação das fissuras

As fissuras podem ser classificadas como geométricas ou mapeadas, variando de acordo com a semelhança ao desenho que formam. Quando a fissura acompanha o bloco cerâmico, por exemplo, temos uma fissura geométrica. Já a mapeada pode ser fruto da retração da argamassa ou ainda pelo excesso de cimento, tornando o reboco muito rígido.

Essas duas classes são subdivididas em fissuras ativas e passivas. Segundo Duarte (1998), elas são descritas da seguinte maneira:

Fissuras ativas: apresentam variações de abertura em um determinado período de tempo. Algumas possuem abertura crescente (progressivas) como em recalques diferenciais, enquanto outras apresentam comportamento cíclico (sazonais), causados devido à variação de temperatura e umidade.

Fissuras passivas: não apresentam variações de abertura ou comprimento ao longo do tempo e são, geralmente, causadas devido a sobrecargas.

## 2.4 Causas das fissuras

### 2.4.1 Fissuras causadas pela retração de produtos à base de cimento

A retração do concreto é um movimento natural da massa, porém sofre ações opostas de outros elementos, como as barras da armadura, que são materiais resistente à tração, e a elementos externos, que são peças que podem ser vinculadas a estrutura de concreto. Caso tais comportamentos não forem considerados em projeto ou execução da obra, existirá uma grande probabilidade de desenvolvimento de fissuras.

Segundo Thomaz (2009), inúmeros fatores intervêm na retração de um produto à base de cimento, sendo os principais:

- A composição química e finura do cimento, pois a retração aumenta com a finura do cimento e com seu conteúdo de cloretos;

- A quantidade de cimento adicionada à mistura, pois quanto maior o consumo de cimento, maior a retração
- Natureza e granulometria dos agregados, pois suas características de deformação e finura, gera maiores possibilidades de fissuras
- Quantidade de água na mistura, pois quanto maior a relação água/cimento, maior a retração de secagem. Esse fator, dentre todos os outros citados é o que mais influencia a retração de um produto constituído por cimento.
- Condições de cura, pois caso a evaporação da água iniciar-se antes do término da pega, a retração poderá ser acentuadamente aumentada.

Além dos fatores citados acima, é importante cuidar da interação da estrutura com meio ambiente, na época da concretagem, como elevadas temperaturas, baixos índices de umidade do ar e incidência de ventos e radiação solar, diz Ripper e Souza (2009).

Essa manifestação ocorre quando o concreto ainda está na sua fase plástica, logo após o seu lançamento nas fôrmas. E como dito anteriormente, tem como um de seus fatores principais, a rápida perda de água.

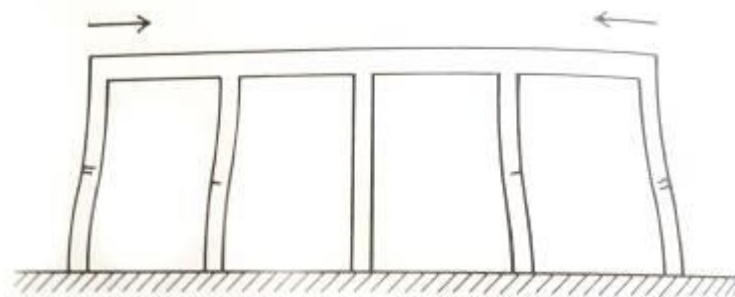
Segundo Trindade (2015, p.79) essa rápida perda de água se dá pela maior densidade dos agregados graúdos e miúdos, pois eles acabam descendo, e conseqüentemente a água, menos densa, acaba subindo, sendo esse processo chamado de exsudação. Esta água por sua vez evapora mais rapidamente de acordo com maiores temperaturas, menor umidade e maior ação do vento. Outro modo do concreto perder a água é pela absorção que acontece através das formas, por isso é ideal que os responsáveis mantenham as mesmas sempre molhadas antes da concretagem.

Por este motivo, a mistura poderá variar de volume, resultando no surgimento de fissuras na superfície.

#### 2.4.1.1 Formatos de fissuras por retração

Em vigas e pilares de concreto armado podem ocorrer fissuras horizontais nos pilares externos de uma estrutura, caso haja elevadas tensões provenientes da retração do concreto nas vigas superiores. Caso os pilares possuam grande rigidez a fissura ocorre nas vigas. (Figura 2)

**Figura 14:** Fissuras horizontais nos pilares, devidas à retração do concreto das vigas superiores

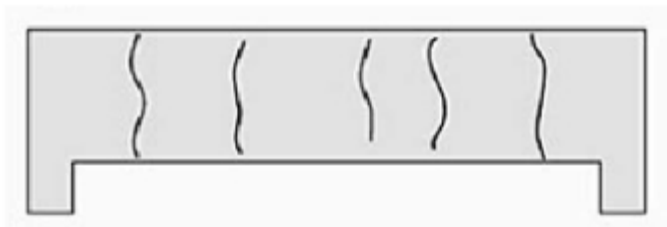


Fonte: Thomaz (1998). Trincas em edifícios. P. 108

De acordo com Thomaz (1998) a ocorrência de fissuras de retração numa viga de concreto armado dependerá de três motivos, sendo eles, a dosagem do concreto (relação água/cimento), das condições de adensamento (quanto mais adensado, menor a retração) e das condições de cura, onde a evaporação precoce da água resultará no aumento da retração. Ainda influenciará no aparecimento dessas fissuras, as dimensões da peça, a rigidez dos pórticos e a taxa de armaduras e sua distribuição ao longo da seção da peça.

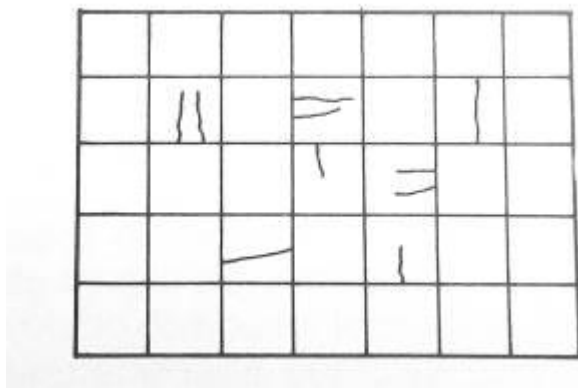
Essas fissuras ocorrerão em sua maioria no centro da altura da viga, sendo retas e regularmente espaçadas. (Figura 3)



**Figura 15:** Fissuras de retração numa viga de concreto armado

Fonte: Marcelli (2007)

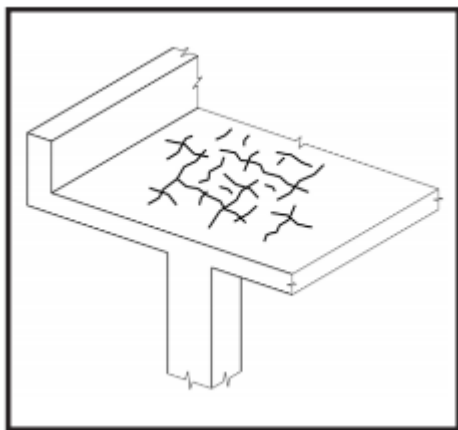
Em lajes, a retração poderá provocar a compressão de pisos cerâmicos. Em situações mais adversas, poderão surgir fissuras no piso e até o destacamento das cerâmicas. Os azulejos são peças com espessuras bastante reduzidas, e que devem ser assentadas com uma argamassa mista, composta de cal, cimento e areia. Porém a quantidade de cimento adicionada à mistura, deve ser extremamente reduzida. Pois caso seja utilizada uma argamassa com alto teor de cimento, ela se tornará extremamente rígida, com pouca capacidade de deformação. Sua retração provocará nas cerâmicas um abaulamento, ou seja, “suas faces de assentamento serão solicitadas à compressão, e as faces esmaltadas à tração. Em função da intensidade dessas solicitações, as faces tracionadas poderão apresentar pequenas gretas” (THOMAZ, 1998, p. 117), conforme na figura 4

**Figura 16:** Gretagem provocada pela argamassa de assentamento

Fonte: Thomaz (1998). Trincas em edifícios. P. 108

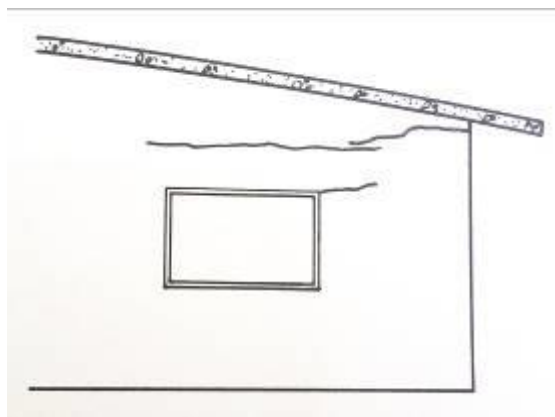
Com uma configuração mapeada e distribuição regular, a retração do concreto provoca fissuras de maneira semelhante a que se verifica em argamassas de revestimento (figura 5). Contudo o efeito mais prejudicial da retração de lajes de concreto é a fissuração de paredes vinculadas à laje. (Figura 6)

**Figura 17:** Fissuração típica de retração superficial



Fonte: Filho e Carmona (2013. P. 7)

**Figura 18:** fissura em parede externa, promovida pela retração em laje



Fonte: Thomaz (1998). Trincas em edifícios. P. 10

A argamassa, sendo um material a base de cimento, também pode ter relação com problemas de fissuras. Uma argamassa de má qualidade ou dosada erroneamente traz danos significativos à paredes e muros. Segundo Thomaz, (1998) o problema mais decorrente da retração de argamassa de assentamento de alvenarias, é aquele que se verifica nas fachadas formadas por alvenaria aparente, pois ocorre penetração de água através das fissuras, gerando uma série de patologias correlatas. Já o uso de diferentes tipos de argamassa também induzirá a formações de fissuras no próprio corpo da parede em regiões de ligação com componentes estruturais. Esse tipo de fissura possui uma configuração retilínea no sentido vertical, pois ocorrerão nos encontros das paredes, no terço médio de paredes muito extensas ou em regiões onde ocorra ligeiramente uma mudança na altura ou na largura da parede (figura 7)

**Figura 19:** Fissura em parede monolítica extensa, provocada pela retração do concreto



Fonte: THOMAZ (1998). Trincas em edifícios. P. 114

#### *2.4.2 Fissuras causadas por movimentações térmicas*

A variação de temperatura está sujeita aos elementos e componentes de uma construção. Isso pode afetar o concreto, pois pode causar alterações dimensionais (dilatação ou contração) no material. Caso a estrutura for impedida de se movimentar, essa variação térmica gerará trincas devido a tensões elevadas.

Segundo Thomaz (1998), as movimentações térmicas de um material estão relacionadas com as propriedades físicas do mesmo e com a intensidade da variação

da temperatura. Quanto maior a intensidade da mudança de temperatura, maior a intensidade da movimentação. As principais movimentações ocorrem em função de: junção de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, sujeitos às mesmas variações de temperatura; exposição de elementos a distintas solicitações térmicas naturais; e à gradiente de temperatura ao longo de um mesmo componente. Em ocorrência das movimentações térmicas diferenciadas é importante analisar não só a amplitude da movimentação, como também a rapidez com que esta ocorre.

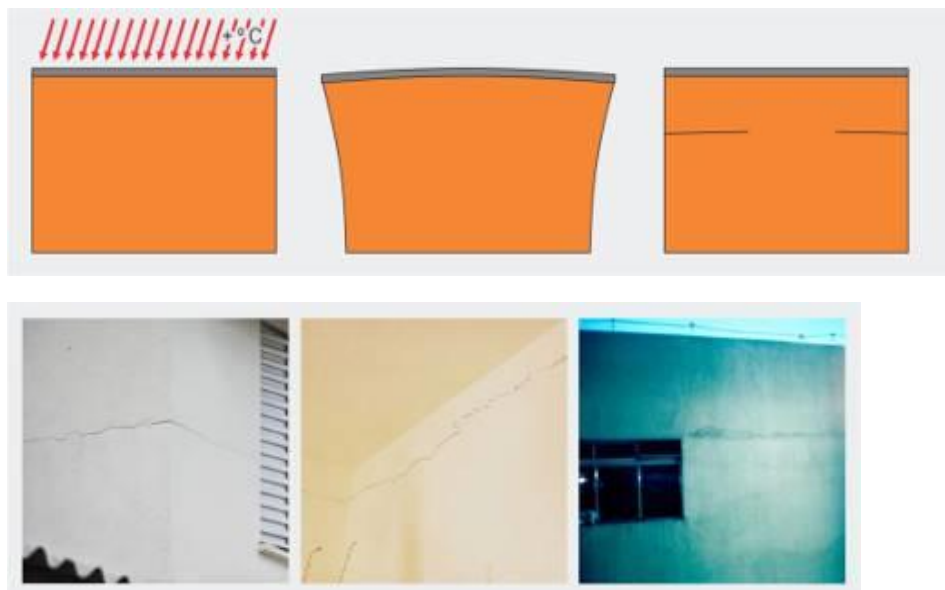
Vigas extensas e contínuas, peças esbeltas, longas, grandes panos de laje, são elementos que mais sofrem com a variação de temperatura, especialmente quando existe vínculos que impedem a livre movimentação das partes.

#### 2.4.2.1 Formatos de fissuras por movimentações térmicas

As coberturas planas, em sua maioria, estão mais propícias a sofrerem movimentações térmicas do que os elementos verticais de uma edificação. Por sua superfície superior estar mais exposta à incidência solar, elas normalmente são solicitadas por movimentações mais intensas e mais bruscas, o material da cobertura, a altura entre a laje e as telhas, a intensidade de ventilação, são todos elementos que também influenciam na absorção de calor da laje de cobertura. Além disso, o concreto possui um coeficiente de dilatação térmica duas vezes maior que o das alvenarias.

As lajes de cobertura normalmente estão vinculadas a paredes, isso faz com que ambas sofram as tensões causadas pela temperatura vigente. A laje sofre um abaulamento provocado pelo gradiente da temperatura, ao longo de suas alturas, introduzem tensões de tração e cisalhamento.

As trincas típicas dessas situações ocorrem nas paredes vinculadas, paralelamente ao comprimento da laje, as fissuras perpendiculares às resultantes de tração indica o sentido da movimentação térmica. Situam-se no topo da parede paralela à largura da laje (figura 8)

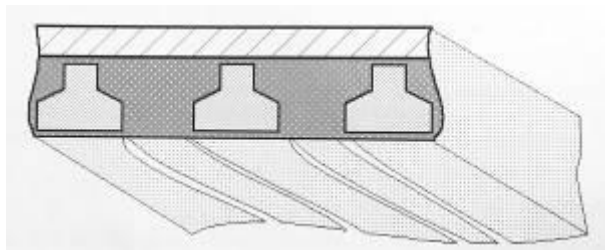
**Figura 20:** Dilatação da laje devido à carga térmica e fissura resultante

Fonte: Site: blog da engenharia civil. 2015<sup>3</sup>

Assim como Thomaz, Souza e Ripper (2009), também afirma que uma situação típica de fissuras ocorre nas coberturas, em particular as horizontais, por estarem muito mais expostas a gradientes térmicos naturais do que as peças verticais da estrutura. Por essa questão é gerado movimentações divergentes entre elementos horizontais e verticais, logo isso resulta em um processo de fissuração, agravado por diferença de inércia em encontros de lajes-vigas, ou pela resistência de matérias, como exemplo, as lajes mistas ou pré-fabricadas. (Figura 9)

<sup>3</sup> Disponível em < <https://blogdaengenhariacivil.wordpress.com/2015/01/26/trincas-e-fissuras/> Acesso em 11 de setembro de 2017

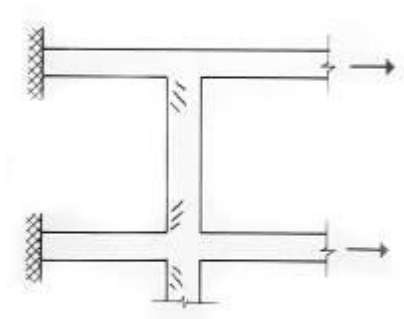
**Figura 21:** Fissuração por trabalho diferenciado dos materiais



Fonte: Ripper e Souza (1998). Patologia, recuperação e reforço. P. 70

Outro caso de fissuração por movimentação térmica, pode acontecer nos pilares, isso quando a movimentação é provocada pelas vigas. Segundo THOMAZ (1998), este fato pode ocorrer principalmente quando a estrutura não possui juntas de dilatação. Essa dilatação nas vigas, podem provocar fissuras ligeiramente inclinadas nas extremidades dos pilares (figura 10). Essa mesma movimentação na estrutura, pode gerar com maior probabilidade o destacamento entre alvenarias e o reticulado estrutural. (figura 11).

**Figura 22:** Pilar fissurado devido à movimentação térmica das vigas de concreto armado

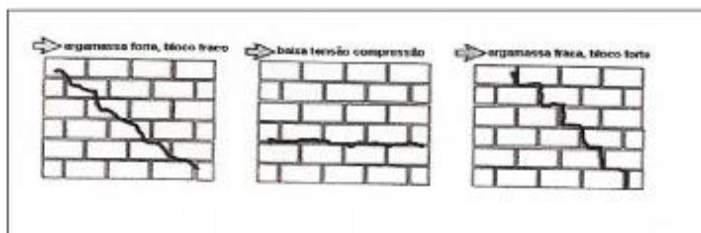


Fonte: Thomaz (1998). Trincas em edifícios. P. 26

**Figura 23:** Destacamento entre alvenaria e estrutura

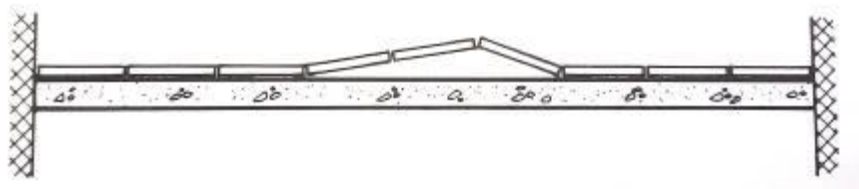
Fonte: Thomaz (1998). Trincas em edifícios. P. 26

A temperatura do espaço e as condições climáticas são responsáveis por mais fissurações do que as citadas acima. Está vinculada à composição de todos materiais e elementos de uma construção, seja ele externo ou interno. Casos assim, ocorrem em muros em função da resistência à tração da argamassa de assentamento e dos outros componentes, essas fissuras em sua maioria, acompanham as juntas verticais, seguindo o desenho por onde ela percorre. (figura 12). No caso de pisos (maioria de ambientes internos) que não possuem espaço para acomodação das suas variações dimensionais causadas pela temperatura, é bem frequente o destacamento desses revestimentos. O uso de uma boa argamassa e da forma em que é aplicada, está totalmente relacionada com essas fissuras, pois irão depender do módulo de deformação que ela possui. (Figura 13)

**Figura 24:** Trinca vertical: variação da resistência à tração dos componentes do muro

Fonte: Valle (2008). Patologias das alvenarias. P.17

**Figura 25:** Destacamento de revestimento, sob ação de sua dilatação térmica



Fonte: Thomaz (1998). Trincas em edifícios. P. 29

### *2.4.3 Fissuras causadas por movimentações higroscópicas*

A água pode provocar variações dimensionais nos materiais porosos, já que o aumento do teor de umidade gera uma expansão do material enquanto a diminuição desse teor, gera a contração. Como em uma construção, os materiais em sua maioria estão vinculados uns aos outros, essas movimentações podem fazer com que ocorram fissuras nos elementos construtivos.

Segundo Isaia (2001) a porosidade do concreto pode afetar uma construção em fase de execução da estrutura, como também na vida útil da edificação. A cura do concreto é um dos processos mais importantes da obra e deve desprender um cuidado indispensável, pois a partir do momento que se verifica a pega do concreto e antes da secagem da água de exsudação deve ser feito o procedimento da cura, uma vez que a partir daí o ambiente promoverá a evaporação. Esse procedimento sendo bem realizado, pode evitar grandes casos de fissuras no concreto. (Figura 14)



Figura 26: **Piso com cura mal realizada**



Fonte: Site : Pinterest.com<sup>4</sup>

Em uma realidade da edificação já construída, a umidade pode ter entrada aos materiais através de diferentes vias. De acordo com Thomaz (1998) são elas: umidade resultante da produção dos componentes; umidade do ar ou proveniente de fenômenos meteorológicos; e umidade do solo.

A porosidade e a capilaridade do material influenciam na quantidade de água que é absorvida. Contudo, a capilaridade se encontra como fator mais importante no que rege a variação do teor de umidade dos materiais. Ela é responsável pela condução da água até a superfície do componente, onde posteriormente será evaporada.

#### 2.4.3.1 Formatos de fissuras por movimentações higroscópicas

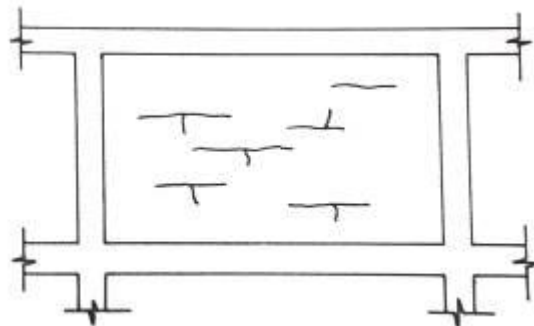
As fissuras por movimentações higroscópicas possuem muita semelhança àquelas provocadas pelas variações de temperatura. Entre um caso e outro, as aberturas poderão variar em função das propriedades higrótérmicas dos materiais e da variação de umidade. Um exemplo são os casos de trincas provocadas pela

---

<sup>4</sup> Disponível em < <https://br.pinterest.com/explore/como-fazer-contrapiso/?lp=true> > Acesso em 16 de setembro de 2017

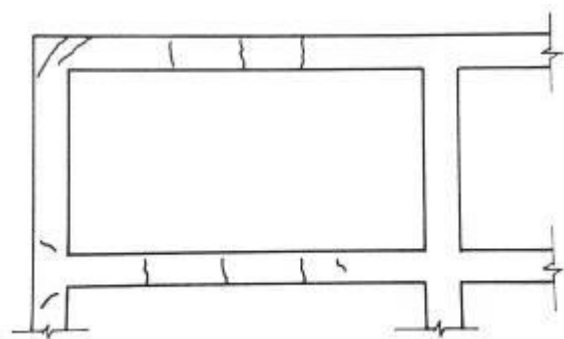
expansão de tijolos cerâmicos com elevada resistência à compressão, como se vê nas imagens 15 e 16

**Figura 27:** Fissuras horizontais na alvenaria causadas pela expansão dos tijolos.



Fonte: Thomaz (1998). Trincas em edifícios. P. 37

**Figura 28:** Fissuras nas peças estruturais, a expansão da alvenaria solicita o concreto à tração

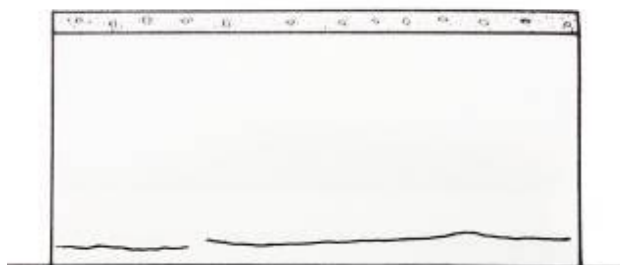


Fonte: Thomaz (1998). Trincas em edifícios. P. 37

A impermeabilização das fundações precisa ser bem executada, para que não ocorram fissuras na base das paredes. Em casos de má execução, “os componentes de alvenaria que estão em contato direto com o solo absorvem umidade apresentando movimentações diferenciadas em relação às fiadas superiores que estão sujeitas à insolação direta e a perda de água por evaporação.” (THOMAZ, 1998, p. 42) (Figura 17). Esses ciclos em que argamassa umedece e seca, juntamente com as

movimentações térmicas do revestimento, começa um processo de microfissuras, a partir dessas, a água possui um maior acesso ao material, acentuando as movimentações e tendo como consequência fissuras maiores. Elementos que são feitos para impedir que a água entre em contato com as paredes, como peitoris, pingadeiras, quando não bem executados, podem provocar problemas em regiões localizadas, pois não realizam suas funções, que seria a interrupção do fluxo de água. (figura 18)

**Figura 29:** Fissura na base da alvenaria por efeito da umidade



Fonte: Thomaz (1998). Trincas em edifícios. P. 42

**Figura 30:** fissura na argamassa pelo escoamento da água pelo peitoril



Fonte: site: technepini OLIVEIRA, 2002

### 2.4.4 Fissuras causadas por sobrecargas

Toda estrutura está susceptível a atuação de sobrecargas que podem produzir o fissuramento de componentes ou a instabilidade da estrutura, segundo Marcelli (2007), esta situação pode surgir quando o engenheiro calculista não faz uma correta avaliação da carga que será aplicada, ou devido à deficiência dos materiais empregados, ou em condições de uso indevidos quando se aplica cargas maiores do que as previstas em projeto.

A fissuração do concreto em um estado já endurecido provém do trabalho da estrutura estando submetida aos esforços atuantes ao longo do tempo. De acordo com Isaia (2001), o projeto estrutural deve levar em conta a intensidade dessas ações de modo a assegurar um desempenho dentro dos limites aceitáveis de estabilidade e segurança.

Os esforços mais comuns e que levam à fissuração devido a cargas externas aplicados são aqueles que geram tensões de tração tais como, flexão, cisalhamento, punção e/ou torsão.

Assim como Carmona e Filho (2013) afirma, o mal dimensionamento ou detalhamento incorreto de peças especiais pode também levar a fissuras importantes, tais como consolos, apoios, insuficiência ou comprimento inadequado de armaduras de ancoragem.

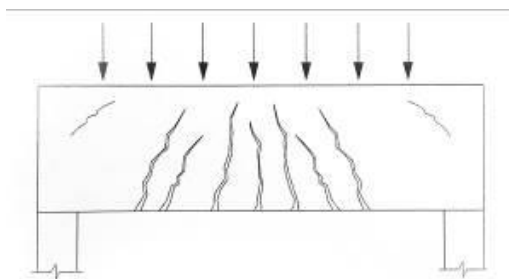
#### 2.4.4.1 Formatos de fissuras devido a sobrecargas

- Devido à flexão:

Essas fissuras são praticamente verticais no terço médio do vão, suas maiores aberturas estão em direção à face inferior da viga onde estão as fibras mais tracionadas (figura 19). Segundo Thomaz (1998), no caso de vigas atirantadas ou vigas altas, as fissuras geralmente ramificam-se em direção às fibras mais tracionadas, pois é nesta região que ocorre uma redistribuição de tensões devida à presença da armadura, como visto na figura 20. As causas das trincas por flexão estão entre: armaduras insuficientes ou mal colocadas, falta de comprimento de

amarração, secção insuficiente, erros de cálculos, colocações de vergalhões em número ou diâmetro inferior, concreto de menor resistência. De acordo com Ripper e Souza (2009), em casos em que o esforço predominante é compressivo, seja em situações de compressão simples ou de flexão composta, poderão ser desenvolvidos quadros de fissuração, sempre que as resistências ultimas do concreto for ultrapassada. (figura 21)

**Figura 31:** Fissuras em vigas devido a esforços de flexão



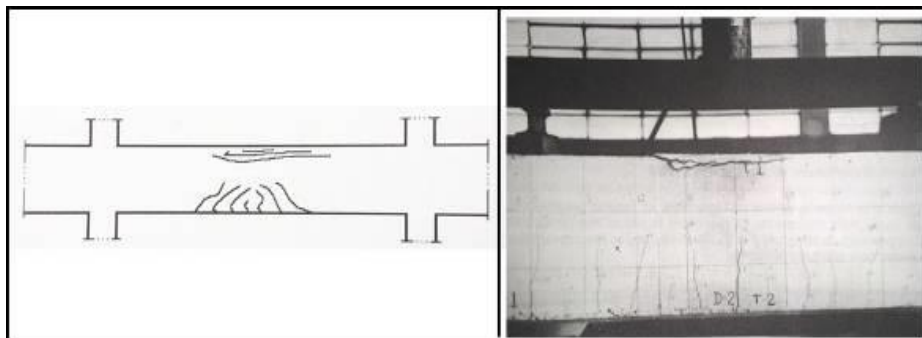
Fonte: Isaia (2011). Concreto: ciência e tecnologia. P.1123

**Figura 32:** Fissuras verticais, devido a presença de armaduras de tração



Fonte: Thomaz (1998). Trincas em edifícios. P. 42

**Figura 33:** Fissuração em viga submetida a flexocompressão



Fonte: Thomaz (1998). Trincas em edifícios. P. 46

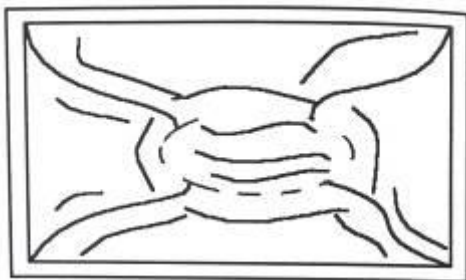
No caso das lajes, as trincas por flexão possuem uma configuração mais variada que dependem de fatores como a relação entre comprimento e largura da peça, esquematização da armadura e natureza da solicitação. Na face superior, estão presentes nos cantos das lajes de forma inclinada, gerando uma espécie de triângulo nas quinas do elemento. Em sua parte inferior, sua forma já é diferente, as linhas estão em direção das quinas ao centro da laje, onde uma fissura paralela ao maior lado da laje se forma no centro da peça. (Figura 22 e 23)

**Figura 34:** Fissura em laje por excesso de cargas: Face superior



Fonte: Ripper e Souza, 1998. Patologia, recuperação e reforço. P. 60

**Figura 35:** Fissura em laje por excesso de cargas: Face inferior



Fonte: Ripper e Souza (1998). Patologia, recuperação e reforço. P. 60

- Devido ao cisalhamento

Esse tipo de fissura ocorre normalmente nos pontos de cortante máximo, e é característico de seção insuficiente, excesso de carga, falta de armadura ou armadura disposta de forma incorreta. Possui uma configuração em diagonal (aproximadamente  $45^\circ$ ) do local onde a viga está apoiada. (figura 24). Em consolos ela pode gerar fissura por sua concentração de esforços (figura 25)

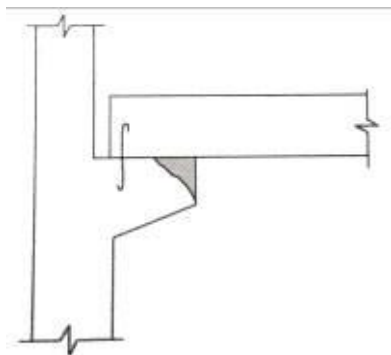
**Figura 36:** Fissura de cisalhamento



Fonte: Site: blog da engenharia. Trincas e Fissuras. 2015 <sup>5</sup>

<sup>5</sup> Disponível em <<https://blogdaengenhariacivil.wordpress.com/2015/01/26/trincas-e-fissuras/>> Acesso em 18 de setembro de 2017

**Figura 37:** Fissura em borda de consolo provocada por concentração de tensão de cisalhamento

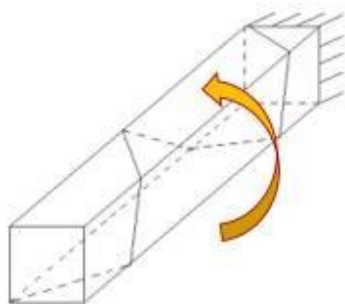


Fonte: Isaia (2011). Concreto: ciência e tecnologia. P.1123

- Devido à torção:

Assim como Gonçalves (2015) afirma, uma peça está sofrendo torção quando está submetida à rotação em relação a sua secção transversal. Casos com esse tipo de esforço ocorrem em sua maioria em sacadas, lajes com flechas excessivas apoiada sobre viga causando rotação nesta ou marquises. A partir do momento em que essa rotação gera um esforço maior do que o elemento suporta, surgem as fissuras características de torção. Sua configuração é de uma fissura inclinada, com aproximadamente  $45^\circ$ , porém sua especificidade está na aparição dessa trinca nas duas superfícies laterais na forma de segmentos de retas inversas (figura 26).

**Figura 38:** Fissuras devido a torção



Fonte: Autoria própria



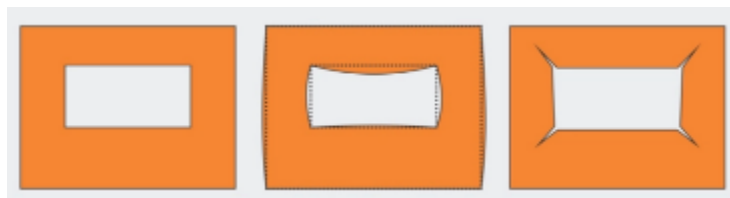
- Devido à ausência de verga e contraergas

Os componentes estruturais admitem flechas que podem não comprometer em nada sua própria estética, a estabilidade e a resistência da construção; tais flechas, entretanto, podem ser incompatíveis com a capacidade de deformação de paredes ou outros componentes que integram os edifícios

As vergas e contraergas são elementos que podem ser feitas em concreto, montadas in loco ou por peças pré-moldadas como blocos canaletas. Sua atuação está na distribuição de cargas nas aberturas em paredes, como janelas e portas, que ocorrem grande intensidade e concentração de tensões. Caso elas não sejam bem dimensionadas, são verificadas fissuras por sobrecargas. A fim delas cumprirem sua função e garantir a integridade da alvenaria, há necessidade das medidas serem realizadas corretamente.

Essas fissuras possuem como características serem inclinadas e estarem ligadas às quinas das aberturas, como visto na figura 27

**Figura 39**



Fonte: Site: blog da engenharia civil. Trincas e fissuras. 2015<sup>6</sup>

#### *2.4.5 Fissuras causadas por recalques de fundação*

Os solos são constituídos basicamente por partículas sólidas, entremeadas por água, ar e em muitos casos, material orgânico. A deformação do solo é algo natural quando submetido a cargas externas, independente da sua proporção. O desempenho de uma edificação é determinado pela interação entre estruturas, fundações e o solo.

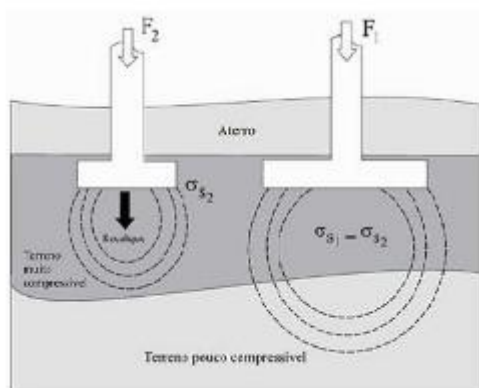
<sup>6</sup> Disponível em < <https://blogdaengenhariacivil.wordpress.com/2015/01/26/trincas-e-fissuras/> Acesso em 11 de setembro de 2017

Assim como Santos (2014) afirma, um recalque é configurado quando um elemento da fundação se desloca verticalmente. Quando existe uma diferença entre dois elementos da fundação, acontece o efeito chamado de recalque diferencial. Esse recalque diferencial impõe distorções à estrutura que pode acarretar em fissuras. De uma maneira geral, não é apenas a estrutura a sofrer deste efeito. Mas também, as alvenarias e os caixilhos, nos casos de edifícios.

Thomaz (1998) diz que a capacidade de carga e a deformabilidade do solo não são constantes, sendo função dos seguintes fatores mais importantes: tipo e estado do solo, disposição do lençol freático, intensidade da carga, tipo de fundação e interferência de fundações vizinhas. A magnitude do quadro de fissuramento gerado pela falha de uma determinada estrutura está relacionada a capacidade ou não da estrutura assimilar o recalque existente (RIPPER; SOUZA, 2001).

É de fundamental importância que os responsáveis técnicos pelas fundações de estruturas de concreto armado entendam e estudem as interações que as mesmas terão com o solo, pois somente dessa maneira a interação entre o solo-fundação poderá ser entendida.

A Figura 28 mostra duas sapatas com dimensões diferentes descarregando o mesmo valor de carga sobre o solo, a de área maior gera um bulbo de tensões que vai até a camada de solo mais abaixo, assim podendo provocar recalque diferencial e consequentemente danos se esta camada for de má qualidade. Acerca disto, fica provada a importância de uma análise do comportamento do solo diante de uma fundação com a mesma carga, mas com dimensionamentos distintos, uma pode sofrer danos por atingir um solo mais compressível e a outra permanecer estável (SOUZA; RIPPER, 1998).

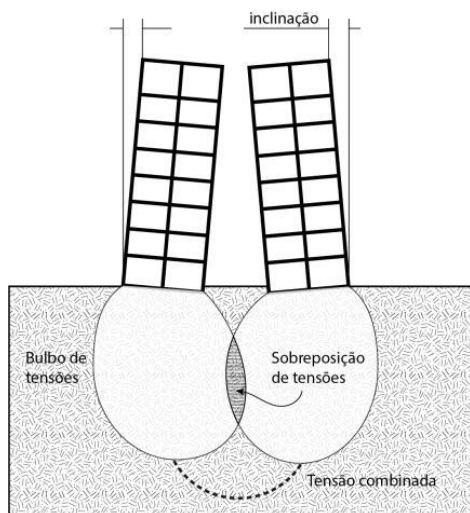
**Figura 40:** Bulbo de tensões

Fonte: Ripper; Souza (1998). Patologia, recuperação e reforço.

#### 2.4.5.1 Formatos de fissuras causadas por recalques de fundação

As fissuras causadas por recalques diferenciais são as mais perigosas, pois identifica um problema estrutural. Em sua maioria são inclinadas e apresentam aberturas geralmente maiores, sua direção está sempre em direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque. Segundo Thomaz (1989), outra característica das fissuras provocadas por recalques é a presença de esmagamentos localizados, em forma de escamas, quando os recalques são marcantes, observa-se nitidamente uma variação na abertura da fissura.

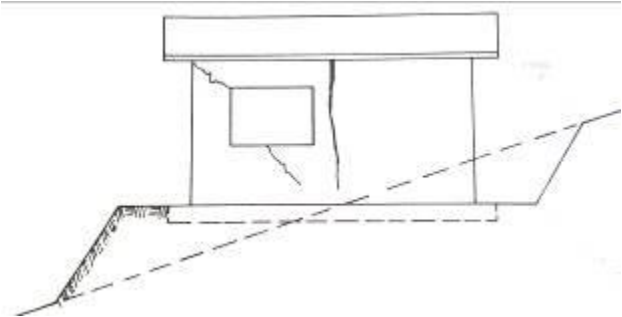
Quando uma fundação é realizada, ela transfere ao solo cargas de forma isoladas. A existência de outra solicitação altera as tensões na massa do solo, provocando recalques. Assim como a figura 29 mostra.

**Figura 41:** Superposição de tensões

Fonte: Milititsky, Consoli e Schnaid (2008, apud. SANTOS, 2014)

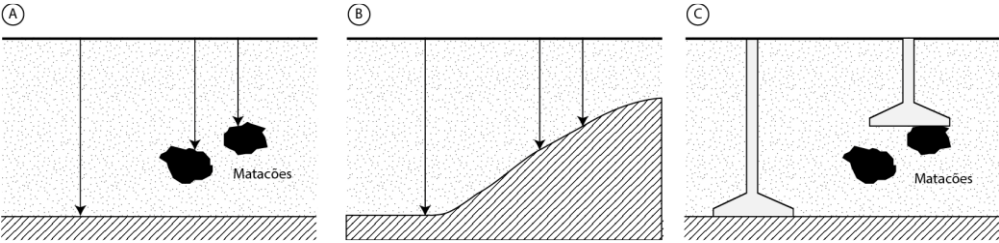
Para edifícios uniformemente carregados existem diversos fatores que podem conduzir à recalques diferenciados, logo gerando fissurações. Quando um terreno foi aterrado, existe a possibilidade da movimentação do mesmo, devido as condições em que ele foi modificado. Nesses casos, a edificação que está sobre esse terreno poderá sofrer fissuras pela deformação do solo natural abaixo do aterro ou por deformações no corpo deste aterro. (figura 30). Em casos de terrenos que não foram modificados, ocorre o recalque diferenciado pela própria heterogeneidade do solo. Por isso há a extrema necessidade de um estudo de sondagem aprofundado, pois a área investigada pode apresentar subsolo distinto do observado nas sondagens executadas. Uma má interpretação desses dados pode gerar confusão quanto a existência de matacões com rochas contínuas, gerando um equívoco da forma e do apoio da fundação (figura 31).

**Figura 42:** Fissura devido à fundação assentada sobre aterro



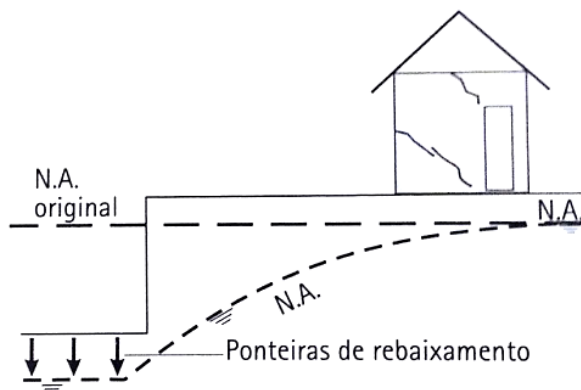
Fonte: Thomaz (1998). Trincas em edifícios. P. 9

**Figura 43:** A) Perfil real; B) Perfil adotado (equivocado); C) Apoio inadequado da fundação



Fonte: Milititsky, Consoli e Schnaid, (2008, apud. SANTOS, 2014)

Segundo Rebello (2008), o rebaixamento do lençol freático produz uma diminuição na pressão neutra (pressão de baixo para cima devida à água), aumentando a pressão efetiva (provocada pelo peso do solo). Dessa forma, há um aumento de pressão sobre o solo, o que pode provocar recalques sem a necessidade de haver aumento na carga sobre a fundação. Figura 32

**Figura 44:** Recalque diferenciado por rebaixamento do lençol freático

Fonte: Milititsky, Consoli e Schnaid, (2008, apud. SANTOS, 2014)

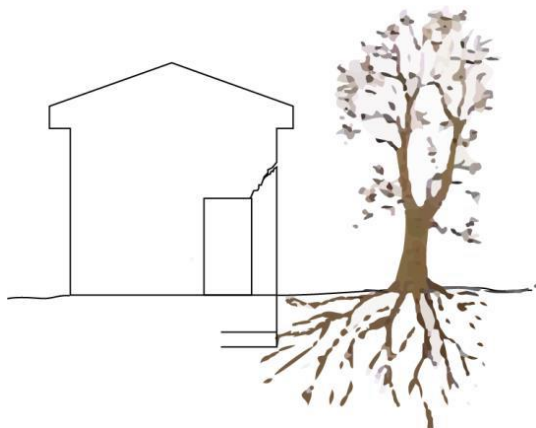
Em um exemplo Thomaz (1998) diz que em construções de edifícios dotados de um corpo principal, que seria mais carregado, e de um secundário, menos carregado, tendo como sistema de fundação o mesmo tipo, isso conduzirá a recalques diferenciados entre as duas partes, com fissuras verticais entre elas e fissuras inclinadas no corpo do menos carregado, o que é visto na figura 33. Quando adotado sistemas diferentes de fundação numa mesma obra, ocorrerá o mesmo problema. Santos (2014) afirma que a vegetação também é influenciadora nas construções e nas movimentações que o solo sofre. “O efeito da vegetação pode ocorrer por interferência física das raízes ou pela modificação no teor de umidade do solo, uma vez que as raízes extraem água do solo para manter seu crescimento” (SANTOS, 2014, p. 63). (figura 34)

**Figura 45:** Fissuras pelo uso de diferentes sistemas de fundação na mesma construção



Fonte: Thomaz (1998). Trincas em edifícios. P. 42

**Figura 46:** trinca provocada por recalque devido à retirada de água pela vegetação próxima



Fonte: Thomsaz (1998). Trincas em edifícios. P. 42

## 3 ESTUDO DE CASO

### 3.1 Descrição e análise

Para maximizar o aprendizado e aplicar o conhecimento obtido, foi realizada uma vistoria em uma casa que apresenta sintomas de deficiência no seu corpo, aplicando a pesquisa bibliográfica exposta acima desenvolvida por autores que já estudaram casos patológicos de fissuras em construções de concreto armado. Objetivando estabelecer a origem e os motivos das trincas, analisou-se a época em que a casa foi construída, os materiais aplicados, a mão de obra e o sistema construtivo. Cabe ser dito que foi buscado levantar in loco a definição e características gerais e específicas da edificação. As manifestações das fissuras foram identificadas através de inspeções visuais executadas.

A obra estudada está situada no município de Cardoso Moreira, localizada na região norte do estado do Rio de Janeiro. Trata-se de um local rural, com poucos habitantes, onde as construções muitas vezes são realizadas pelos próprios moradores, e não por mão de obra especializada. O clima da região é do tipo tropical, caracterizado por apresentar duas estações bem distintas: verão- primavera chuvosa, sendo dezembro o mês de maior precipitação pluvial; e outono-inverno seco, sendo agosto o mês mais seco. Temperatura média do mês mais frio (julho) pode ser inferior a 18° C e a do mês mais quente (dezembro) ultrapassa os 22° C. De uma maneira geral, a região é caracterizada por baixos índices pluviométricos, apresentando clima bastante seco e sem bruscas variações de temperatura. Contudo, os materiais de construção possuem suas características individuais, no qual cada um responde de uma maneira ao clima da cidade. O surgimento e o agravamento de algumas patologias podem ser atribuídos a vários fatores que atuam de forma diferente, sendo uma delas a exposição a intempéries.

O objeto de estudo é uma casa de um pavimento, sem laje, com cobertura em telhas cerâmicas, vedação em blocos cerâmicos, e revestimento externo em emboço misto com acabamento em pintura. Possui duas varandas, onde cada uma dá acesso a casa através de ambientes distintos. O terreno está em seu estado natural, sem



pavimentação e modificações, conta com uma área construída de aproximadamente 89 m<sup>2</sup>. (figura 35)

**Figura 47:** Casa vistoriada

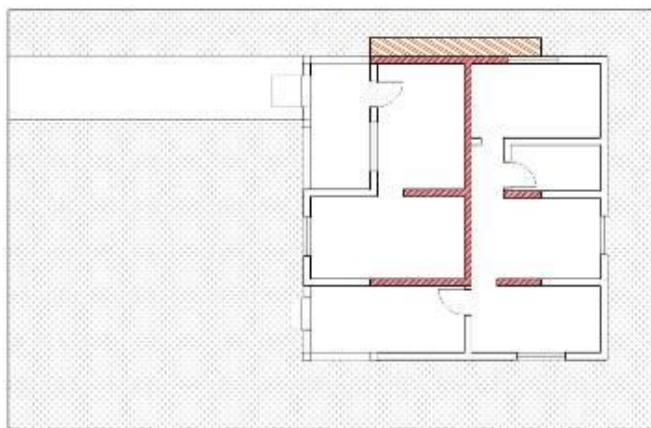


Fonte: Autoria própria, 2017

Atualmente a casa já sofreu alterações estruturais desde sua construção. Temos como informação obtida pelo morador, que se encontra lá desde antes de tais modificações, que a casa antiga foi construída por tijolos cerâmicos maciços, já não possuía laje e era composta por apenas um quarto, sala, cozinha e um banheiro. Na reforma foram aproveitados muitos elementos da construção antiga, apenas acrescentando ambientes e realizando aberturas para janelas ou portas. O telhado também foi alterado, ampliando e trocando telhas antigas por novas. Para o apoio da cobertura nas paredes, foram colocados perfis de madeira para trabalharem como viga na estrutura, e assim poder distribuir a carga por toda a parede. A imagem abaixo (figura 36) apresenta a estrutura mantida em vermelho e o que lhe foi

adicionado em branca com contorno preto. A faixa laranja é a base da casa antiga, pois pelo terreno não ser totalmente plano, foi construída uma estrutura em concreto para assentar a casa.

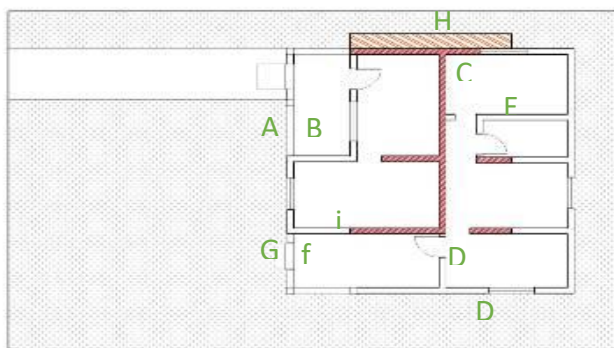
**Figura 48:** planta baixa da casa em estudo



Fonte: Autoria própria, 2017

Realizada cerca de 10 anos atrás, essa reforma começou a apresentar falhas com o decorrer do tempo, devida a falta de mão de obra especializada e de profissionais responsáveis pelo projeto e pela construção. A aparição de fissuras foi o que causou maior estranhamento e incômodo aos moradores. Tal patologia manifestou-se em várias áreas da casa, algumas sendo de maior proporção do que outras.

**Figura 37:** planta baixa da casa em estudo



Fonte: Autoria própria, 2017

Por meio de inspeção visual, pôde-se observar que em sua maioria, as fissuras aconteceram pelas seguintes causas:

- a) Movimentação térmica diferenciada entre os componentes e utilização de materiais com características de resistência diferentes sem o devido tratamento para boa aderência, o que gerou tensões que causaram fissuras como exemplificada abaixo



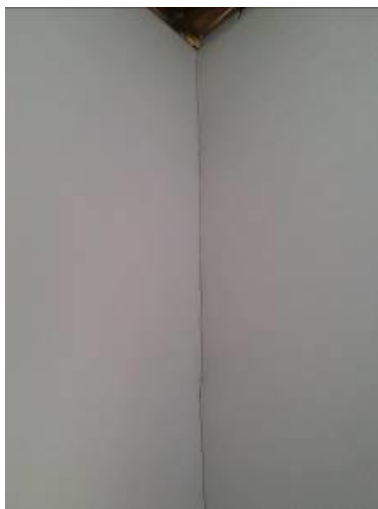


- b) Materiais que possuem diferentes coeficientes de dilatação térmica. Casos assim, ocorrem em função da resistência à tração da argamassa de assentamento e dos outros componentes. O cimento por possuir pouca resistência a tração, quando utilizado em maior quantidade do que necessário, pode gerar fissuras.





- c) União de paredes com materiais distintos e sem o devido ancoramento. No caso, o material antigo da casa eram tijolos maciços, e a construção nova consiste em tijolo furado.

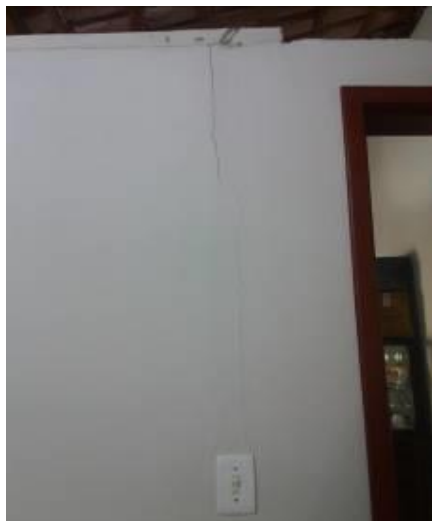


- d) Deficiência nas dimensões ou falta das vergas e contravergas, que geram fissuras inclinadas nas quinas das aberturas (janelas ou portas), pois não há estrutura que suporte a carga superior que se depara com a abertura. Também a retração térmica devida ao resfriamento do concreto, aquecido durante a hidratação do cimento, e a retração hidráulica associadas à variação de temperatura do meio ambiente geram concentração de tensões

de tração junto aos cantos das aberturas, e em consequência geram as fissuras.



- e) Acabamento de instalações com material inadequado e fora do padrão existente e mal executada. Isso causou uma fissura rente ao corte da alvenaria em todo o caminho que a fiação percorre.





- f) Utilização de argamassas com teor de cimento alto para o assentamento de cerâmicas, deixando-a extremamente rígida, gerando trincas pela pouca capacidade de deformação em casos de movimentação dos materiais que estão trabalhando juntamente com ela. Tal patologia podendo ser causada também pela retração dessa argamassa





- g) Sobrecarga da estrutura do telhado e material de má qualidade gerou fissura em parede que é apoiado, além de agravar trincas geradas pela falta ou má dimensionamento de verga em paredes com abertura da porta.



- h) Diferentes sistemas de fundação na mesma construção provocaram fissuras. Para ampliação da casa nos fundos, foi realizada um aumento da fundação antiga, porém não se tem a certeza de que foi executado o mesmo sistema, logo as fissuras abaixo indicam que houve um recalque diferenciado.





- i) Trinca horizontal na base da alvenaria por efeito da umidade do solo



## 4 CONCLUSÃO

Saber analisar e diagnosticar a origem de uma patologia é de suma importância para a avaliação do estado de uma edificação. As fissuras, por serem visíveis a todos, podem causar preocupações desnecessárias aos que não possuem conhecimento técnico para analisá-las. Desta forma, este trabalho procurou identificar as causas e configurações de inúmeras tipologias de fissuras para auxiliar no diagnóstico de cada uma.

Como foi visto no estudo de caso, a casa analisada possui inúmeras fissuras causadas pela má execução e falta de mão de obra especializada. A escolha dos materiais é de extrema importância, pois foram eles que trouxeram muitos danos à edificação. A boa elaboração de um projeto, detalhamentos e especificações corretos e a execução adequada do sistema construtivo escolhido, resultam em uma obra com menos chances de aparições de problemas.

Ficou claro que a fissura mais problemática é a causada pelo recalque diferencial, pois caso não estabilizadas, podem gerar graves danos à estrutura. Como foi identificada na vistoria um caso assim, cabe ao profissional analisar se ela está viva ou morta fazendo um controle das movimentações da edificação ao longo do tempo, para assim poder realizar um procedimento de recuperação estrutural adequado.

Diante a pesquisa realizada pôde-se constatar que as fissuras encontradas na casa foram causadas, em geral, por movimentações térmicas e higroscópicas dos materiais, e sobrecargas pelo mal dimensionamento principalmente das vergas e contravergas. A fim de uma análise mais precisa é recomendável a utilização de equipamentos para a realização de testes que possam garantir uma concretização da causa que se obteve com a vistoria, além de suprir qualquer dúvida que se tenha sobre sua origem.

Em caso de recuperação da casa, há necessidade em saber se as fissuras estão passivas ou não, pois em cada situação o tratamento é diferente. Nesse caso é necessário o monitoramento com aplicação de gesso ou uma placa de vidro para certificação de que já se estabilizaram. Do contrário será necessário sanar o problema antes do processo de recuperação.

Para o reparo das fissuras causadas por sobrecarga e falta de vergas e contravergas, é sugerido o aumento do comprimento dessas peças, podendo ou não ser colocada uma chapa de aço entre a verga e a alvenaria. Nas fissurações causadas por uso de materiais distintos que possuem coeficientes diferentes de dilatação, o sistema de recuperação utilizado seria a fixação de uma tela (material flexível) inserida na nova argamassa, transpassando a fissura em 20cm aproximadamente para cada lado, deixando a intensidade dos esforços causados pela movimentação mais

suave entre os dois elementos. No caso das trincas por recalque, se estabilizadas ou com movimentos que não são muito pronunciados, o ideal é a inserção de um material flexível e hidrofugante (selantes e membranas acrílicas por exemplo), para impedir que agentes externos adentrem o concreto e a parede, gerando novas patologias. Nas demais fissuras, como a constatada no percurso onde a fiação foi colocada, poderão ser recuperadas superficialmente através da introdução de bandagem no revestimento ou de tela de náilon na pintura.

Contudo, é de extrema importância escolher os materiais adequados para se fazer o reparo, seja qual for a sua causa.

## REFERÊNCIAS

AECweb, Redação. Patologias do Concreto. *Revista digital aecweb*. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/patologias-do-concreto\\_6160\\_10\\_0](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/patologias-do-concreto_6160_10_0)> Acesso dia: 05 set.2017

ASSIS, Fernando Fernandes de. *Fissuras por movimentações térmicas em estrutura de concreto armado*. 74f. Monografia. UFGO, Goiânia, 2013. Disponível em: <[https://www.eec.ufg.br/up/140/o/fissuras\\_por\\_movimenta%c3%87%c3%83o\\_t%c3%89rmica\\_em\\_estruturas\\_de\\_concreto\\_armado.pdf](https://www.eec.ufg.br/up/140/o/fissuras_por_movimenta%c3%87%c3%83o_t%c3%89rmica_em_estruturas_de_concreto_armado.pdf)> acesso dia: 11 set. 2017

BERTOLINI, Luca. *Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção*. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

BLOG DA ENGENHARIA. *Trincas e fissuras*. 26 jan. 2015. Disponível em: <<https://blogdaengenhariacivil.wordpress.com/2015/01/26/trincas-e-fissuras/>> Acesso dia: 11 set. 2017

CARMONA, Thomas; FILHO, Antônio Carmona. *Fissuração nas estruturas de Concreto*. Boletim Técnico, 2013. Disponível em: <<http://alconpat.org.br/wp-content/uploads/2012/09/B3-Fissura%C3%A7%C3%A3o-nas-estruturas-de-concreto.pdf>> Acesso dia: 30 ago.2017

CORSINI, Rodnei. Trinca ou fissura. *Revista online Techne Pini*. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-quais-os-tipos-285488-1.aspx>>. Acesso em: 28 ago. 2017

COSTA, Yan Nunes Rangel. *Análise e Diagnóstico de trincas e fissuras em edificações*. Monografia. UCB, Brasília, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ucb.br/jspui/handle/123456789/8269>> Acesso dia 05 set. 2017

GOMES, Adriano. Patologias na construção civil. Site: *unumaarquitectura.com*. 11 jan. 2016. Disponível em: <<http://www.unumarquitectura.com/single-post/2016/1/11/PATOLOGIAS-NA-CONSTRU%C3%87%C3%83O-CIVIL>> Acesso dia: 30 set. 2017

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. *Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armada de obras de edificação*. Monografia. UFRJ, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <[monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014879.pdf](http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014879.pdf)> Acesso dia: 19 set. 2017

ISAIA, Geraldo Cechella. *Concreto: Ciência e Tecnologia*. 1.ed. São Paulo: IBRACON, 2011.

KAMMLER, Henrique; BLAUTHER, Igor; ARAUJO, Camila. *Fissuras e trincas na engenharia civil*. In: IV Congresso de Pesquisa e Extensão da FSG. 2016. Caxias do Sul, RS. Disponível em: <[ojs.fsg.br/index.php/pesquisaextensao/article/download/2196/1818](http://ojs.fsg.br/index.php/pesquisaextensao/article/download/2196/1818)> Acesso dia: 28 ago.2017

LEAL, Ubiratan. Olhar de perito. *Revista online Techne Pini*. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/87/artigo285316-1.aspx>>. Acesso em: 30 ago. 2017

MARCELLI, M. *Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras*. São Paulo: Pini, 2007

NOAL, Bruno Alexandre Mainardi. *Entendendo as trincas e as fissuras*. Jul, 2016. Disponível em: <<http://www.mapadaobra.com.br/inovacao/entendendo-as-trincas-e-fissuras/>> Acesso dia: 30 ago.2017

OLIVEIRA, Alexandre Magno de. *Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações*. 96f. Monografia. Curso de Especialização em Gestão em Avaliações em Perícias. UFMG, 2012. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/96.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2017.

OLIVEIRA, Thiago. Beirada seca. *Revista online Techne Pini*. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/137/beirada-seca-pingadeira-e-opcao-mais-eficiente-para-afastar-286530-1.aspx>> Acesso em: 16 set. 2017

SANTOS, Guilherme Veloso dos. *Patologias devido ao recalque diferencial em fundações*. 111f. Monografia. Uniceub, Brasília, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.uniceub.br/bitstream/235/6389/1/21113271.pdf>> Acesso dia: 19 set. 2017

SOUZA, Vicente Custódio Moreira; RIPPER, Thomaz. *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto armado*. 1. ed. São Paulo: Pini Ltda, 1998.

THOMAZ, Eduardo C.S. *Fissuração – 168 casos reais*. Rio de Janeiro, 2003.

Disponível em:

<[http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/fissuracao/Coletanea\\_Fissuracao\\_Eduardo\\_Thomaz.pdf](http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/fissuracao/Coletanea_Fissuracao_Eduardo_Thomaz.pdf)> Acesso em: 05 set.2017

THOMAZ, Ercio. *Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação*. 1.ed. São Paulo: Pini Ltda, 1989.

TRINDADE, Diego dos Santos. *Patologias em Estruturas de Concreto Armado*. 88f.

Trabalho de graduação em Engenharia Civil. UFSM, RS. 2015. Disponível em:

<[http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2\\_2015/TCC\\_DIEGO%20DOS%20SANTOS%20DA%20TRINDADE.pdf](http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2015/TCC_DIEGO%20DOS%20SANTOS%20DA%20TRINDADE.pdf)> Acesso em: 05 set.2017

VALLE, Juliana Borges de Senna. *Patologias das alvenarias: Causa, diagnóstico e previsibilidade*. 81f. Trabalho de especialização em Construção civil. UFMG, Belo Horizonte, 2008. Disponível em:

<<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Patologia%20das%20alvenarias.pdf>> Acesso dia: 06 set.2017

# ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA DE SISTEMA CONSTRUTIVO: ALVENARIA CONVENCIONAL X PRÉ-MOLDADO CIMENTÍCIO, CASO CONDOMÍNIO ALTO DA BOA VISTA, SOBRADINHO – DF

Sâmya Gomes Veloso<sup>1</sup>  
Antônio da Cruz Oliveira

## RESUMO

A tipologia de sistema de vedação é uma das primeiras decisões a ser tomada no processo de projeto, e pela relevância no orçamento, sua escolha deve ser devidamente avaliada. No processo de escolha do sistema de vedação não se deve levar em consideração apenas o valor do insumo, mas sim todos os serviços impactados e a produtividade da obra. Este trabalho analisa o orçamento de dois sistemas construtivos: alvenaria convencional e pré-moldado cimentício, no caso Condomínio Alto da Boa Vista, localizado na cidade satélite de Sobradinho, no Distrito Federal. Nesse trabalho ainda é possível receber a relação custo-benefício do pré-moldado e seus benefícios para o cliente, como curto prazo e preço.

**Palavras-chave:** Orçamento. Sistema construtivo. Cidade satélite.

## ABSTRACT

The wall typology is one of the first decisions to be made in the design process, and because of its relevance in the budget, its choice must be duly evaluated. In the process of choosing the sealing system, it should not only take into account the value of the input, but also all the services impacted and the productivity of the work. This work analyzes the budget of two construction systems: conventional masonry and cementitious precast, in the Condomínio Alto da Boa Vista case, located in the satellite city of Sobradinho, in the Federal District. In this

---

<sup>1</sup> Trabalho de Curso (TC) apresentado como um dos requisitos para a conclusão do curso de Pós-Graduação do Centro Universitário de Brasília Orientador: Engº. Civil Jorge Antônio da Cruz Oliveira, D.Sc.

work it is still possible to receive the cost-benefit ratio of the precast and its benefit to the customer, such as short term and price.

**Keywords:** Budget. Building system. Satellite city.

## 1 INTRODUÇÃO

A economia brasileira fechou 2015 em queda, a retração, de 3,8% em relação a 2014, seria a maior da série histórica atual do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no entanto, o produto Interno Bruto (PIB) brasileiro caiu pelo segundo ano seguido em 2016 e confirmou a pior recessão da história do país, com retração foi de 3,6% em relação ao ano anterior.

O IBGE e o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) dispõem de dados sobre o PIB desde 1901, como a retração nos anos de 2015 e 2016 e meados de 2017 superou a dos anos 1930, essa é a pior crise já registrada na economia brasileira, pela primeira vez desde 1996, todos os setores da economia registraram taxas negativas.

A partir dessas informações, é fácil perceber que novos empreendimentos surgirão sob grande dificuldade econômica, e atividades construtivas deverão ser cuidadosamente examinadas para que se possa saber previamente a melhor relação custo benefício, como produto.

Escolher cuidadosamente o método construtivo é vital para assegurar viabilidade econômica, frente aos prazos de finalização de empreendimentos. O cuidadoso orçamento e o meticuloso controle da produção nunca foram tão importantes para o sucesso de construtoras, incorporadoras e investidores.

A escolha de morar em um condomínio horizontal fechado é motivada não só pela oferta de segurança, mas também pela comodidade associada a moradia horizontal. A comunidade de classe média e alta tende a migrar para os condomínios fechados em busca de políticas privatizadas, passando a controlar o espaço e ainda mantendo a qualidade de vida e o espaço de residências em vias públicas. Assim, além de fugir do caos ocupacional das grandes metrópoles, o condomínio horizontal favorece a personalização residencial, onde o morador pode construir sua própria residência, utilizando qualquer arquitetura e método construtivo e não somente a

ocupação de um módulo padrão, como acontece frequentemente em condomínios verticais.

O condomínio Alto da Boa Vista (CABV) é um excelente laboratório para pesquisa de métodos construtivos pois ele se ergue durante umas das piores crises do setor construtivo, refletindo assim a realidade do mercado em cada escolha construtiva. Assim, pesquisar o método construtivo a ser aplicado pelos moradores do condomínio é essencial para garantir seu crescimento.

O CABV é localizado no quilômetro 12 da BR-020, foi fundado em 1993. O terreno fazia parte de uma fazenda, que acabou loteada pelo antigo dono. Após um longo processo de regularização, os proprietários conseguiram as escrituras em maio de 2014. O CABV tem grande preocupação com o meio ambiente da região, tendo em vista que a área era previamente uma reserva ambiental.

Na diretriz nº 4 do manual de uso e ocupação observa-se a seguinte leitura:

O meio ambiente deverá merecer toda atenção dos membros da Administração do condomínio e de todos os proprietários de imóveis no CABV.

Atenção especial será dada:

I – A preservação dos recursos hídricos (proteção sanitária dos poços tubulares profundos, caixas de recarga dos aquíferos subterrâneos etc.);

II – à disposição final dos esgotos domésticos (fossas e sumidouros);

III – aos resíduos sólidos do condomínio (varrição das ruas, recolhimento seletivo do lixo e destino adequado dos restos de obras).

Normas específicas deverão ser elaboradas para detalhar toda a Gestão do Meio Ambiente no condomínio. Caberá a comissão permanente de obra e aos Agentes Ambientais do CABV exercerem rígido controle do meio ambiente, particularmente nos aspectos referentes ao saneamento básico no interior do CABV.

Em Gauzin-Müller (2002) se afirma que a sustentabilidade é a componente chave para a garantia da vida e deve ser analisada através de três aspectos básicos: econômico, social e ambiental, os quais devem ser buscados de forma igualmente coerente. A questão da sustentabilidade, aplicada à construção civil, inclui a problemática da degradação dos entornos naturais, mudança do clima e efeito estufa.



Gauzin-Müller (2002) cita também que na conferência Rio-92 foi estabelecido que o desenvolvimento sustentável deve ser baseado em três princípios:

- a) Avaliação do ciclo de vida (ACV) dos materiais em sua totalidade;
- b) Desenvolvimento do uso de matérias-primas e energias renováveis;
- c) Redução das quantidades de materiais e energia utilizados na extração e exploração de recursos naturais, e a reciclagem ou destinação final dos resíduos.

A construção é um dos setores que mais deve contribuir para a sustentabilidade, pois o setor é um grande consumidor de recursos naturais e de energia para a fabricação de materiais, operação e manutenção das edificações, sendo também grande gerador de resíduos de construção e demolição. Ao longo do seu ciclo de vida (a construção é responsável por cerca de 40% dos materiais retirados da natureza e 40% de todos os resíduos gerados pela sociedade).

A importância social e econômica é igualmente significativa, através da participação no PIB e na geração de emprego e renda, por exemplo. Assim, é essencial envolver a indústria da construção no progresso do desenvolvimento sustentável, através do desenvolvimento de projetos e construções com características sustentáveis.

## OBJETIVOS

### Objetivo geral

Estabelecer uma análise comparativa entre métodos construtivos de alvenaria convencional e o sistema pré-moldados de vedações com placas cimentícias, a fim de se verificar a produtividade e custo no condomínio alto da boa vista na região de Sobradinho – Distrito Federal.

### Objetivo específico

- Fazer orçamento detalhado e geral para construção em alvenaria de tijolo furado.

- Comparar orçamento de alvenaria em tijolo furado com orçamentos obtidos em empresas de pré-moldado.
- Analisar relação custo benefício dos métodos de construção supracitados, apresentando os % entre as etapas orçamentárias.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Sistemas de Vedação**

A alvenaria é um sistema construtivo feito com pedras, tijolos cerâmicos, blocos de concreto e cerâmico assentados, com ou sem argamassa de ligação, em fiadas horizontais, que se repetem sobrepondo-se umas sobre as outras. A mais utilizada na construção civil, atualmente, são as chamadas alvenarias de blocos cerâmicos (tijolos) que compreendem todos os materiais inorgânicos, não metálicos, obtidos após um tratamento térmico em temperaturas muito elevadas.

Em contraposição a alvenaria convencional surgiram vários sistemas de vedação pré-moldados, blocos únicos pré-mesurados a fim de que se encaixem sem folgas na estrutura preferencialmente também em pré-moldado, para mitigar erros de medição. O tipo de pré-moldado analisado nesse trabalho é pré-moldado cimentício que trabalha como um sistema estrutural único, o que impede qualquer tipo de demolição.

Com relação aos custos dessas opções é preciso analisar o valor do pré-moldado como substituto de três grandes itens de planilha orçamentária: Fundação, Estrutura e Alvenaria. Esses itens costumam somar de 21,8% a 32% do orçamento, custando cerca de R\$ 350,00/m<sup>2</sup> em média, enquanto o pré-moldado se encontra na faixa de R\$ 450,00/m<sup>2</sup>, já incluindo a execução das fundações.

#### ***2.1.1 Patologias em Alvenaria Convencional***

O surgimento de patologias em alvenarias cerâmicas acontece basicamente por agentes físicos externos, químicos e ainda agentes mecânicos como compressão ou flexão. Também de acordo com Silva (2002) deficiência no próprio material e

erros na fase de projeto e execução ainda são as maiores fontes de problema em alvenaria convencional de tijolo cerâmico.

#### 2.1.1.1 Agentes físicos

Agem através dos poros do elemento cerâmico, afetando na estrutura estética do tijolo. Dependendo de sua intensidade pode ainda comprometer a estrutura física e mecânica do bloco, pode-se citar a presença de vegetação e também excesso de umidade.

#### 2.1.1.2 Agentes químicos

O mais comum é denominado eflorescência e são manchas esbranquiçadas e surgem devido a uma reação química entre o cimento da argamassa e a água. O cimento entra em contato com o ar e reage formando uma substância chamada carbonato de cálcio, que é um sal insolúvel de cor branca (SILVA, 2002).

#### 2.1.1.3 Agentes Mecânicos

Thomaz (1989) alerta que os elementos e componentes construtivos se sujeitam a variações térmicas relacionadas às suas propriedades físicas diariamente, o que acarreta em mudanças mensuráveis em suas dimensões. A amplitude e a velocidade de tais movimentações térmicas devem ser consideradas para a análise das fissuras, trincas e aberturas que também podem surgir em consequência de alternância de ciclos de carregamento e descarregamento ou por solicitações alternadas de tração e compressão.

Ainda segundo Thomaz (1989), sobrecargas e recalques, seja de fundação, diferenciais ou de carregamento, são frequentes nas estruturas e devem ser cuidadosamente avaliados pois podem causar ruína. Esse tipo de sobrecarga pode acontecer por mudança do carregamento de projeto, alteração de fase do solo, falta de uniformidade na estrutura

### *2.1.2 Patologias em Pré-moldado cimentício*

De acordo com Tomé (2010) os agentes causadores dos problemas patológicos em estruturas pré-moldadas podem ser vários: cargas, variação da umidade, variações térmicas intrínsecas e extrínsecas ao concreto, agentes biológicos, incompatibilidade de materiais, agentes atmosféricos e outros. No entanto, a maioria das patologias são provenientes de erros de dimensionamento na fase de projeto ou ainda de logística na montagem das unidades de pré-moldado.

Ainda segundo Tomé (2010) a consideração de uma estrutura isostática tem de ser realizada com muito critério, pois devem ser verificados os deslocamentos relativos entre as peças. As variações volumétricas ou outras cargas horizontais de origens diversas podem gerar diversas patologias se forem inadequadamente desprezadas. No que concerne à problemas de logística de montagem, de todos os pontos abordados pelo projeto os detalhes de alçamento e transporte são, infelizmente, menosprezados e muitas vezes deixados de lado, não ocorrendo a devida atenção ao assunto, embora seja de fundamental importância para se evitar futuras patologias.

## **2.2 Do planejamento**

Bernardes (2003) define que o planejamento da construção consiste na organização para a execução, e inclui o orçamento e a programação da obra. O orçamento contribui para a compreensão das questões econômicas e a programação é relacionada à distribuição das atividades no tempo. É importante realizar o planejamento do empreendimento em níveis de detalhamento diferentes, considerando horizontes de longo, médio e curto prazos, devido à grande variabilidade encontrada no setor.

O planejamento de longo prazo é geral e possui baixo grau de detalhamento, considerando as grandes definições, tais como emprego de mão de obra própria ou terceirizada, nível de mecanização, organização do canteiro de obra, prazo de entrega, forma de contratação (preço de custo ou empreitada), e relacionamento com o cliente. O plano inicial tem pequeno nível de detalhamento, em geral indicando itens do tronco principal, tais como “fundações”, “estrutura”, “alvenaria”. Em uma

obra de dois a três anos, o plano da obra é definido em semestres, por exemplo. Esse nível é utilizado para a compreensão da obra e tomada de decisões de nível organizacional (gerência da empresa).

No nível de planejamento de médio prazo trabalha-se com atividades ou serviços que serão executados nos próximos 4 a 6 meses. Nesse nível de planejamento deve-se objetivar detectar e extinguir impedimentos à produção, através da identificação prioritárias da necessidade de compra de materiais ou contratação de empreiteiros, processo denominado como *“lookahead planning”*.

O planejamento de curto prazo visa à própria execução e desenvolve a programação para um horizonte de 4 a 6 semanas, detalhando as atividades a serem executadas. Nesse caso, não há só a garantia do fornecimento de materiais e mão de obra, mas também o conhecimento do ritmo normal da obra. É comum a utilização da produção protegida contra os efeitos da incerteza, ou seja, as atividades programadas têm grande chance de ocorrerem, essa técnica é comumente conhecida como *“shielding production”*.

## 2.3 Do orçamento

Neste trabalho serão descritos dois tipos de orçamento e o padrão escolhido depende da finalidade da estimativa e da disponibilidade de dados. Havendo interesse na obtenção de uma estimativa rápida ou baseada apenas na concepção inicial da obra ou em um anteprojeto, o tipo de orçamento mais indicado é o paramétrico. O orçamento discriminado é o mais preciso e, portanto, exige uma quantidade maior de informações. Durante o desenvolvimento do projeto, é interessante realizar a estimativa de forma cuidadosa ao menos nas partes que já foram definidas e para as demais, pode-se aplicar estimativas baseadas em percentuais médios em obras já realizadas ou ainda na literatura. Por fim, tendo em vista a construção sustentável, adquire importância a análise dos custos no ciclo de vida.

Há uma relação próxima entre o prazo de execução e o custo da obra, de acordo com as limitações dos clientes. Os recursos disponíveis mensalmente podem definir um prazo mínimo para a obra. Por outro lado, o prazo da obra implica em

alguns custos fixos mensais, tais como aluguéis de equipamentos e mão de obra envolvida na organização (mestres, técnicos, engenheiros ou arquitetos responsáveis pela execução). Desta forma, é importante examinar os condicionantes gerais, desenvolvendo um plano geral para a obra, o qual posteriormente será detalhado. Existem vários tipos de orçamento, tais como orçamentos paramétricos, pela NBR 12721:2006, discriminados e operacionais. O orçamento deve ser formalizado, constituindo-se então em documento fundamental para o gerenciamento da obra.

### *2.3.1 Orçamento paramétrico*

É um orçamento aproximado, adequado às verificações iniciais, como estudos de viabilidade ou consultas rápidas de clientes. Se os projetos não estão disponíveis, o custo da obra pode ser determinado por área ou volume construído. Os valores unitários são obtidos de obras anteriores ou de organismos que calculam indicadores. Por exemplo, o CUB (Custo Unitário Básico), definido pela NBR 12721:2006 e calculado pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil de cada estado é um indicador do custo unitário de construção.

Outros exemplos são o SINAPI (Caixa Econômica Federal) e os custos médios publicados pela editora Pini, na revista Construção e Mercado. O orçamento paramétrico serve como estimativa do custo total. Este valor é estimativo, e é indicado para a análise inicial de viabilidade, ou seja, permite ao proprietário ou interessado a verificação da ordem de grandeza, adequação ao seu orçamento, enfim, se deve ou não prosseguir na análise, já que provavelmente as etapas seguintes necessitarão de dispêndios financeiros (confeção de anteprojeto, taxas, novos orçamentos, etc.).

#### *2.3.1.1 Custo Unitário Básico*

De acordo com o item 3.9 da Norma Brasileira ABNT NBR 12721:2006, o conceito de Custo Unitário Básico é o custo por metro quadrado de construção do projeto-padrão considerado, calculado de acordo com a metodologia estabelecida em 8.3, pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil, em atendimento ao disposto

no artigo 54 da Lei nº 4.591/64 e que serve de base para a avaliação de parte dos custos de construção das edificações. O modelo de orçamento proposto na norma consiste de uma forma mais detalhada do orçamento paramétrico, usando o CUB (Custo Unitário Básico) como elemento fundamental, mas considerando a existência de partes do projeto com padrões diferentes.

Na formação destes custos unitários básicos não são considerados os seguintes itens, que devem ser levados em conta na determinação dos preços por metro quadrado de construção, de acordo com o estabelecido no projeto e especificações correspondentes a cada caso particular: fundações, submuramentos, paredes-diafragma, tirantes, rebaixamento de lençol freático; elevador(es); equipamentos e instalações, tais como: fogões, aquecedores, bombas de recalque, incineração, ar-condicionado, calefação, ventilação e exaustão, outros; playground (quando não classificado como área construída); obras e serviços complementares; urbanização, recreação (piscinas, campos de esporte), ajardinamento, instalação e regulamentação do condomínio; e outros serviços; impostos, taxas e emolumentos cartoriais, projetos: projetos arquitetônicos, projeto estrutural, projeto de instalação, projetos especiais; remuneração do construtor; remuneração do incorporador.

O CUB é um indicador do custo de construção, utilizado para a estimativa inicial e para o reajuste dos valores monetários calculados nos Quadros da NBR 12721. O CUB é calculado com base em um conjunto de materiais (lotes básicos), gerado a partir da análise de um conjunto de projetos típicos. A versão inicial considerava 24 tipos de projetos habitacionais construídos nas grandes cidades brasileiras em 1964. Existem 12 tipos de CUB residenciais, definidos com base em projetos-padrão que consideram o número de pavimentos (1, 4, 8 ou 16) e o padrão de acabamento (Baixo, Normal ou Alto). A Norma também prevê custos para obras populares, comerciais e industriais. Os lotes de materiais foram atualizados e versão atual, lançada em 2017, considerou um novo conjunto de projetos, com características contemporâneas, seguindo a prática atual no mercado imobiliário.

Para compreender melhor o processo de cálculo do CUB/m<sup>2</sup> e seu aspecto técnico, pode-se citar que os procedimentos básicos estão dispostos na ABNT NBR 12721:2006, que estabelece em seu item 8.3.4:

Na determinação dos custos unitários básicos, os Sindicatos da Indústria da Construção Civil devem adotar os seguintes procedimentos: a) os preços coletados de acordo com as determinações apresentadas em 8.3.3 devem ser submetidos a uma análise estatística de consistência; b) após análise de consistência, procede-se ao cálculo do pro médio de cada insumo; c) o valor do pro médio de cada insumo aplica-se ao coeficiente físico correspondente ao respectivo insumo no lote básico de cada projeto-padrão; d) para o cálculo dos custos da mão-de-obra, aplica-se o percentual relativo aos encargos sociais e benefícios: – este percentual deve incluir todos os encargos trabalhistas e previdenciários, direitos sociais e obrigações decorrentes de convenções coletivas de trabalho de cada Sindicato; – o método de cálculo e o percentual de encargos sociais e benefícios devem ser explicitados pelos respectivos Sindicatos da Indústria da Construção Civil.

Foi emitido relatório com os valores referente aos Custos Unitários Básicos de Construção (CUB/m<sup>2</sup>), calculados de acordo com a Lei Fed. nº. 4.591, de 16/12/64 e com a NBR 12.721:2006 da Associação Brasileira de Normas Técnicas e são correspondentes ao mês de abril/2017.

No documento consta que estes custos unitários foram calculados conforme disposto na ABNT NBR 12.721:2006, com base em novos projetos, novos memoriais descritivos e novos critérios de orçamentação e, portanto, constituem nova série histórica de custos unitários, não comparáveis com a anterior, com a designação de CUB/2006. O CUB considerado para essa pesquisa é padrão normal de residência unifamiliar R-1, avaliado em 1'526,74 R\$/m<sup>2</sup>.

### *2.3.2 Orçamento discriminado*

O orçamento discriminado é o composto por uma relação extensiva dos serviços ou atividades a serem executados na obra. Os preços unitários de cada um destes serviços são obtidos por composições de custos, as quais são, basicamente, formações empíricas de preços, relacionando as quantidades e custos unitários dos materiais, dos equipamentos e da mão-de-obra necessários para executar uma unidade do serviço considerada e então as quantidades de serviços a serem executados serão determinadas nos projetos.

Em geral os orçamentos discriminados são subdivididos em serviços, ou grupos de serviços, facilitando a determinação dos custos parciais. De acordo com a



finalidade a que se destina, o orçamento terá determinado nível de detalhamento. Faillace (1988) discute a variabilidade do orçamento e afirma que não existe orçamento exato, ou correto pois existem muitas variáveis, detalhes e problemas que provocam erros, e nenhum orçamento está livre de incertezas, embora os erros possam ser reduzidos, através do trabalho cuidadoso e da consideração de detalhes.

Os orçamentos são executados, muitas vezes, com base em composições de custos genéricas, obtidas em tabelas ou livros (ou cadastradas no software adquirido). Mesmo que sejam embasadas na observação da realidade em dado local e momento, não serão perfeitamente ajustadas a uma empresa, em particular. O ajuste necessário deve ser realizado através da apropriação de custos, que é a verificação in loco dos custos efetivos de execução dos serviços, com a medição dos materiais e equipamentos empregados e dos tempos dedicados pelos operários a cada tarefa.

Os orçamentos mais precisos exigem que o conjunto de dados do projeto esteja desenvolvido (projetos arquitetônicos, hidráulicos, elétricos, estruturais, especificações técnicas, etc.). Com estes elementos, os profissionais preparam listas das quantidades de serviços a serem executados, medidos das plantas de acordo com critérios específicos (relacionados diretamente com a composição que calcula o custo unitário (FAILLACE, 1988).

Os quantitativos a serem executados são medidos seguindo um determinado conjunto de critérios de medição. Os preços unitários são obtidos em publicações ou calculados em softwares específicos de acordo com fórmulas próprias. Nas composições de custos já estão considerados não só todos os materiais e equipamentos necessários, mas também a mão-de-obra, com preços que levam em conta transporte, aluguel, leis sociais e acréscimos de outras ordens. A soma dos produtos de cada quantidade por seu preço unitário correspondente fornece o custo total direto da obra, basicamente composto pelos custos de canteiro.

Também devem ser consideradas outras despesas, relacionadas direta ou indiretamente com a obra, como custos administrativos ou financeiros. Pode-se dizer que a qualidade do orçamento discriminado depende de medições criteriosas,

composições de custos adequadas, preços de mercado e um bom sistema informatizado de controle.

## 2.4 Opções de crescimento demográfico

Brasília foi inicialmente idealizada para apenas 500mil habitantes. Atualmente, só o número de pessoas que realizam movimento pendular para trabalhar todos os dias na capital supera os 700 mil. É estimado que o aumento de população e consequentemente da densidade demográfica no Distrito Federal pode estar entre os maiores do planeta.

Em estudo publicado, a agência Bloomberg pesquisou as 40 cidades com maior densidade demográfica do mundo, com Brasília na 7ª colocação na proporção da população por milha quadrada, atrás de capitais brasileiras como Salvador e São Paulo, mas a frente do Rio de Janeiro. Ao considerar o crescimento da população de 1995 até 2025, o aumento chega a 118,6% e extrapolando os dados, no ano de 2035 a população de Brasília estará perto dos 5 milhões (4.933.285 habitantes) e a densidade demográfica será de 852 habitantes por quilômetro quadrado.

A CODEPLAN (Companhia de Planejamento do Distrito Federal) estima, baseada por dados do IBGE, que o crescimento populacional será de 90,9% ainda muito alto, numa proporção de 607 habitantes por quilômetro quadrado. Daqui a dez anos, a companhia prevê que o DF tenha 3.512.409 habitantes, quase 700 mil a mais do que a população estimada pelo IBGE de 2014, que foi de cerca de 2,3 milhões.

Ainda segundo a CODEPLAN, as regiões administrativas como Samambaia, Riacho Fundo, São Sebastião, Ceilândia e Planaltina estão entre as que mais receberão novos moradores, por conta de programas habitacionais do governo e novos empreendimentos imobiliários. Além disso, atualmente, 32% das pessoas que migram para o estado de Goiás buscam emprego no DF.

Nesse cenário é possível perceber que a urbanização e o investimento na economia das regiões administrativas são as melhores soluções para adaptar Brasília ao crescimento populacional.

## 3 ESTUDO DE CASO

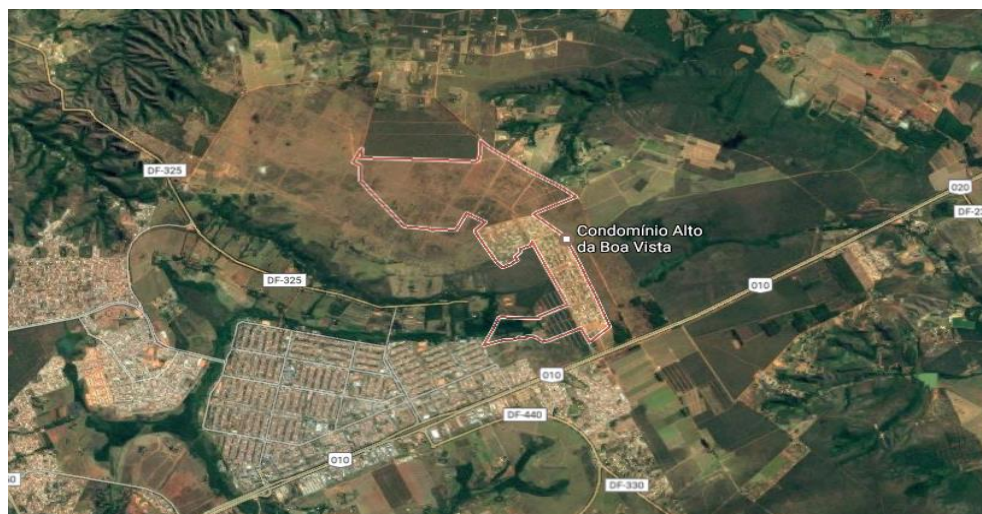
### 3.1 Locação

A fim de se subsidiar o estudo proposto, foi realizada a coleta de informação em uma obra a ser executada no Condomínio Alto Da Boa Vista, na região administrativa de Sobradinho, pois como previamente estabelecido, seu crescimento em meio à crise reflete bem as escolhas construtivas atuais.

Durante a construção de Brasília, entre 1956 e 1960, um dos diretores da NOVACAP (Companhia Urbanizadora da Nova Capital) o deputado federal Iris Meinberg, que havia sido presidente da Confederação Nacional de Agricultura, teve a ideia de criar uma cidade tipicamente rural no Distrito Federal. A melhor opção encontrada foi assentar a nova cidade na região, que tradicionalmente desenvolvia atividades agropecuárias desde os tempos de seus primeiros ocupantes.

O condomínio Alto da Boa Vista, localizado no quilômetro 12 da BR-010 (Figura 1) e foi fundado em 1993. O terreno fazia parte de uma fazenda, que acabou loteada pelo antigo dono. Após um longo processo de regularização, os proprietários conseguiram as escrituras em maio de 2014. O Edital de Registro do Condomínio foi publicado no Diário Oficial do DF.

**Figura 49** – Localização do Condomínio Alto da Boa Vista



Fonte: GOOGLE MAPS/2016

**Figura 50** RA Sobradinho - DF

Fonte: Administração Sobradinho/2016

Hoje os condôminos do Alto da Boa Vista já podem escriturar o seu lote e requerer junto à Administração de Sobradinho o Alvará de Construção para edificar sua residência dentro da legalidade e a tranquilidade almejada durante todo o processo de regularização.

### 3.2 Do projeto

O terreno possui 504m<sup>2</sup> e tem dimensões de 14 metros de largura por 36 de profundidade, em respeito ao manual de uso e ocupação devem ser utilizados apenas 40% do terreno em área (201,6 m<sup>2</sup>) e os recuos dever ser de 5 metros na porção frontal e 1,5 metros nas laterais e fundo. A cota de coroamento da edificação deve ser de no máximo 8,5 metros e o avanço da cobertura não deve passar de 1/3 do recuo exigido.

O projeto inicial possui 177m<sup>2</sup> e tem pavimento único com duas garagens cobertas e acesso à área posterior pela lateral da edificação (Figura 3 e 4).

Figura 51 Vista Lateral da Edificação



Figura 52 Vista frontal



Será aqui considerado uma residência unifamiliar padrão normal R1: 1 pavimento, 3 dormitórios, sendo um suíte com banheiro e closet, outro com



banheiro, banheiro social, sala de estar, sala de jantar e sala íntima, circulação, cozinha, área de serviço completa, varanda e abrigo para automóvel (Figura 5).

**Figura 5** Planta humanizada



## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Do orçamento

#### 4.1.1 CUB

Considerando o CUB de abril de 2017, tipo R1- N, que se encontra no valor de 1526,74 R\$/m<sup>2</sup> e a metragem da residência a ser construída (177m<sup>2</sup>), pode-se afirmar que o valor de construção da residência apresentada se encontra em torno de R\$ 270'232,98.

Usualmente, se consideram porcentagens máximas e mínimas sobre o valor da obra, onde se encontra o valor real de um determinado serviço. Essas porcentagens abrem uma faixa de preço aceitável para o desvio de valor dos componentes.

### 4.1.2 Do custo da alvenaria Regular

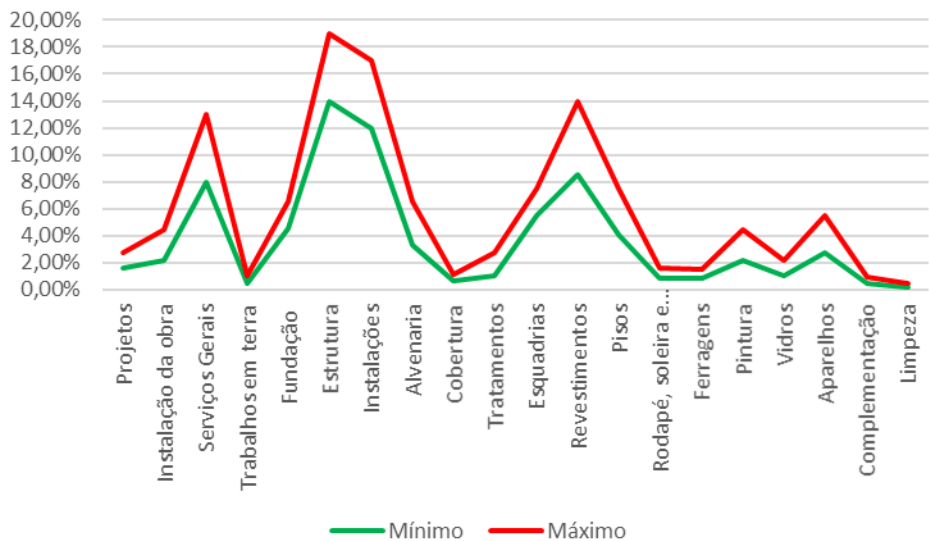
Baseado nos custos executivos e utilizando percentuais de serviço amplamente utilizados em construtoras, sobre o valor já estimado, é possível observar que o custo total para construção em alvenaria estaria na faixa de R\$ 199'702,17 e R\$ 322'793,29 como é possível perceber abaixo (Tabela 1).

**Tabela 1** Custos estimados de Alvenaria

	Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo
Projetos	1,60%	2,70%	R\$	4.323,73	R\$ 7.296,29
Instalação da obra	2,20%	4,40%	R\$	5.945,13	R\$ 11.890,25
Serviços Gerais	8,00%	13,00%	R\$	21.618,64	R\$ 35.130,29
Trabalhos em terra	0,50%	1,00%	R\$	1.351,16	R\$ 2.702,33
Fundação	4,50%	6,50%	R\$	12.160,48	R\$ 17.565,14
Estrutura	14,00%	19,00%	R\$	37.832,62	R\$ 51.344,27
Instalações	12,00%	17,00%	R\$	32.427,96	R\$ 45.939,61
Alvenaria	3,30%	6,50%	R\$	8.917,69	R\$ 17.565,14
Cobertura	0,60%	1,10%	R\$	1.621,40	R\$ 2.972,56
Tratamentos	1,00%	2,70%	R\$	2.702,33	R\$ 7.296,29
Esquadrias	5,50%	7,50%	R\$	14.862,81	R\$ 20.267,47
Revestimentos	8,50%	14,00%	R\$	22.969,80	R\$ 37.832,62
Pisos	4,05%	7,50%	R\$	10.944,44	R\$ 20.267,47
Rodapé, soleira e peitorial	0,80%	1,60%	R\$	2.161,86	R\$ 4.323,73
Ferragens	0,80%	1,50%	R\$	2.161,86	R\$ 4.053,49
Pintura	2,20%	4,40%	R\$	5.945,13	R\$ 11.890,25
Vidros	1,00%	2,20%	R\$	2.702,33	R\$ 5.945,13
Aparelhos	2,70%	5,50%	R\$	7.296,29	R\$ 14.862,81
Complementação	0,50%	0,90%	R\$	1.351,16	R\$ 2.432,10
Limpeza	0,15%	0,45%	R\$	405,35	R\$ 1.216,05
	<b>73,90%</b>	<b>119,45%</b>	<b>R\$</b>	<b>199.702,17</b>	<b>R\$ 322.793,29</b>

É possível visualizar no gráfico abaixo (Figura 6) o peso global da alvenaria no orçamento da obra.

Gráfico 1 Valor Percentual da Obra em Grupos



4.1.3 Do custo do Pré-moldado cimentício

Ainda se utilizando dos percentuais supracitados, substituindo alvenaria comum pelo pré-moldado, é possível estimar o custo total entre R\$ 213’754,29 e R\$ 314’686,31 como é possível perceber abaixo (Tabela 2).

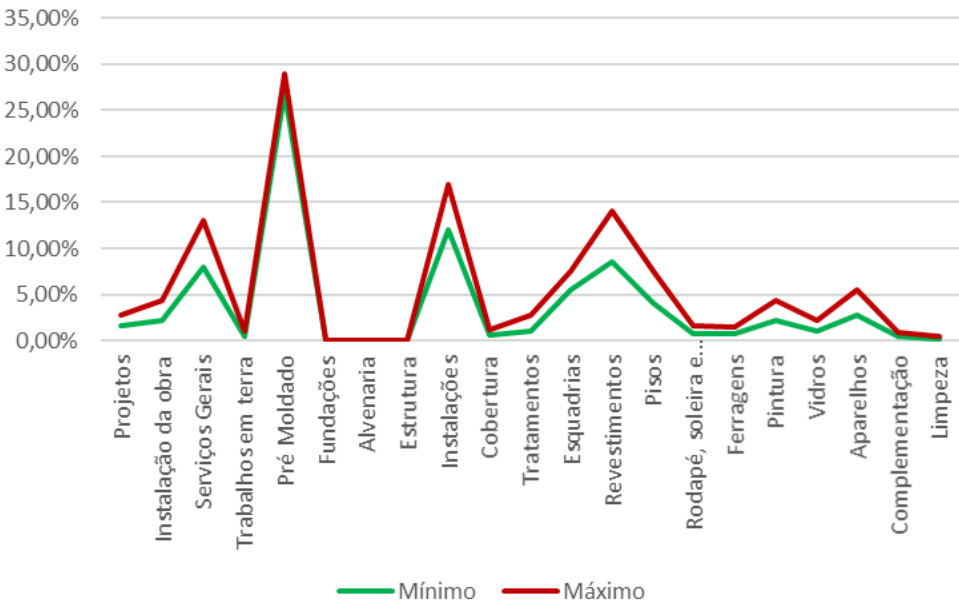


**Tabela 2** Custos estimados de Alvenaria

	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Projetos	1,60%	2,70%	R\$ 4.323,73	R\$ 7.296,29
Instalação da obra	2,20%	4,40%	R\$ 5.945,13	R\$ 11.890,25
Serviços Gerais	8,00%	13,00%	R\$ 21.618,64	R\$ 35.130,29
Trabalhos em terra	0,50%	1,00%	R\$ 1.351,16	R\$ 2.702,33
Pré Moldado	27,00%	29,00%	R\$ 72.962,90	R\$ 78.367,56
Fundações	0,00%	0%	R\$ -	R\$ -
Alvenaria	0,00%	0%	R\$ -	R\$ -
Estrutura	0,00%	0%	R\$ -	R\$ -
Instalações	12,00%	17,00%	R\$ 32.427,96	R\$ 45.939,61
Cobertura	0,60%	1,10%	R\$ 1.621,40	R\$ 2.972,56
Tratamentos	1,00%	2,70%	R\$ 2.702,33	R\$ 7.296,29
Esquadrias	5,50%	7,50%	R\$ 14.862,81	R\$ 20.267,47
Revestimentos	8,50%	14,00%	R\$ 22.969,80	R\$ 37.832,62
Pisos	4,05%	7,50%	R\$ 10.944,44	R\$ 20.267,47
Rodapé, soleira e peitorial	0,80%	1,60%	R\$ 2.161,86	R\$ 4.323,73
Ferragens	0,80%	1,50%	R\$ 2.161,86	R\$ 4.053,49
Pintura	2,20%	4,40%	R\$ 5.945,13	R\$ 11.890,25
Vidros	1,00%	2,20%	R\$ 2.702,33	R\$ 5.945,13
Aparelhos	2,70%	5,50%	R\$ 7.296,29	R\$ 14.862,81
Complementação	0,50%	0,90%	R\$ 1.351,16	R\$ 2.432,10
Limpeza	0,15%	0,45%	R\$ 405,35	R\$ 1.216,05
	<b>79,10%</b>	<b>116,45%</b>	<b>R\$ 213.754,29</b>	<b>R\$ 314.686,31</b>

É possível visualizar no gráfico abaixo (Figura 7) o peso global do pré-moldado no orçamento da obra. Apesar do pré-moldado corresponder praticamente a 30% do orçamento obra, ao substituir os itens de Alvenaria, Estrutura e Alvenaria o orçamento global da obra diminui cerca de 3%.

**Gráfico 2** Valor percentual da Obra em Grupos



## 4.2 Da produtividade

A produtividade da mão de obra pode ser definida como o intervalo de tempo necessário para uma pessoa realizar um serviço com determinadas ferramentas ou equipamentos. É importante que os responsáveis pela obra tenham uma ideia da produtividade dos serviços realizados durante a obra, pois assim podem fazer um bom planejamento do trabalho e identificar deficiências que gerem prejuízos. Alguns construtores fazem o registro histórico da produtividade de suas equipes, e usam esses valores para estimar o tempo que será gasto em suas novas obras. Quem não conhece esses dados pode usar valores genéricos de referência disponíveis na publicação TCPO - Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos, da Editora PINI.

### 4.2.1 Da Alvenaria

A produtividade da Alvenaria varia de acordo com inúmeros fatores, tais como mudanças climáticas, dias da semana, entrosamento da equipe. No entanto,

para condições usuais, levando em consideração apenas as etapas que podem ser substituídas por o sistema pré-moldado, foram calculadas 91 dias para finalização. Logo, a alvenaria comum demora 51% a mais de tempo para sua finalização.

#### *4.2.2 Do Pré-moldado*

Baseado na taxa de produtividade fornecido por empresas de pré-moldado é de 30 a 60 dias. Tendo em vista que a empresa requer 30 dias para produção e 7 dias montagem de 100m<sup>2</sup>, o prazo real da obra em pré-moldado é de 45 dias.

### **5 CONCLUSÃO**

O alto crescimentos demográficos do Distrito Federal têm desafiado o mercado da construção civil a encontrar soluções com alta relação custo benefício e curto prazo de execução. Ao mesmo tempo, o mercado exige imóveis únicos e personalizáveis, gerando assim o crescimento da ocupação de condomínios horizontais.

Nesse viés, a escolha do sistema construtivo das residências é vital ainda na fase de projeto, para que se possa encontrar equilíbrio entre o prazo da obra e seu custo, a fim de se atender a demanda do mercado e limitações legais do condomínio. Nesse quesito, pode-se observar que a utilização de pré-moldados se posiciona de maneira atraente ao consumidor frente à alvenaria regular.

O pré-moldado possui limitações para o consumidor, tais como a dificuldade de reformar e a necessidade de contratação de profissional especializado para trabalhar a arquitetura da residência. No entanto, sua manutenção a longo é facilitada pela presença de todos os projetos, além de apresentar menor incidência de patologias.

Apesar do custo do pré-moldado ser mais alto cerca de 3%, seu modelo constitutivo permite ser construído aproximadamente 50% do tempo da alvenaria regular, o que consequentemente abaixaria os custos administrativos e de pessoal o que diminuiria o custo real dessa fase. É possível observar então que apesar do custo

bruto do serviço de pré-moldado ser maior que o da alvenaria comum, ele compensa em prazo e custo.

## REFERÊNCIAS

- BERNARDES, M. M. S. 2003. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro : LTC, 2003.
- FAILLACE, R R.. 1988. **O orçamento na construção civil**. *Caderno Técnico*. 2ed. Porto Alegre : UFRGS, 1988.
- FANG, H. S. 1991. **Foundation engeneering handbook**. New York : Van Nostrand Reinhold, 1991.
- FARAH, M.F.S. 1996. **Processo de trabalho na construção habitacional: tradição e mudança**. São Paulo : Annablume, 1996.
- GAUZIN-MULLER, D. 2002. **Arquitectura ecológica**. Barcelona : Gustavo Gili, 2002.
- IBGE. IBGE. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/painel/populacao.php?codmun=530010>. Acesso em : 10 mar 2017.
- INDUSTRIALIZADA-ABCI, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO. 1991. **Manual técnico de caixilhos, janelas: aço, alumínio, vidros, PVC, madeira, acessórios, juntas e materiais de vedação**. São Paulo : PINI, 1991. Acesso em : 20 jul 2017.
- MILITO, J.A. **Técnicas de construção civil e construção de edifícios**. *Scribd*. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/38903375/Revestimentos>. Acesso em : 5 fev 2017.
- NAKAMURA, JULIANA. 2011. **Paredes de blocos cerâmicos**. 2011. Disponível em: [www.equipededobra.com.br/construcao-reforma/18/imprime97056.asp](http://www.equipededobra.com.br/construcao-reforma/18/imprime97056.asp). .
- SILVA, J. M. da e ABRANTES, V. 2007. Seminário sobre Paredes de Alvenaria. **Patologia em paredes de alvenaria: causas e soluções**. 2007.
- SILVA, J. M. 2002. Seminário sobre Paredes de Alvenaria. **Alvenarias não estruturais. Patologias e estratégias de reabilitação** . Porto : s.n., 2002.
- SOUZA, R. e MEKBEKIAN, G. 1996. **Qualidade na aquisição de materiais e execução de obras**. São Paulo : PINI, 1996.

TÉCNICAS, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E. 2006. **Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios - Procedimento**. s.l. : ABNT, 2006.

TÉCNICAS, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS. **Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – desempenho: parte 1: requisitos gerais**. *NBR 15575-1*. s.l. : ABNT.

THOMAZ, E. 1989. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação**. . São Paulo : PINI, 1989.

TOMÉ, Alexander. 2010. **Investigação das manifestações patológicas encontradas nas edificações pré-fabricadas da Unochapecó**. Chapecó : Campus Cahapecó, 2010.

## ANEXO A – ORÇAMENTO COMPARATIVO PRÉ-MOLDADO

# ORÇAMENTO

Trabalhamos com o valor de R\$ 400,00 a R\$ 450,00 o m<sup>2</sup>.

Esse valor varia de acordo com o projeto. Alguns pontos a se considerar são: se a obra será apenas térreo ou de pavimentos, e também o local da obra.

## Serviços Executados:

1. Projeto estrutural da obra (cálculo estrutural);
2. Projeto de montagem de peças ;
3. Fundação com sapatas e gaiolas ; de profundidade conforme exigida no cálculo estrutural e terreno. Gaiolas ; com dimensões conforme exigido no projeto estrutural;
4. Parede estrutural alto portante (termo-acústicas) com 13.5 cm de espessura e pé-direito 2.80 m de altura; (conforme projeto); havendo a possibilidade de um pé-direito mais alto .
5. Concretagem dos pilares, paredes,, lajes e vigas
6. Passagem de mangueiras elétrica e hidráulica (para água fria)
7. ART (Anotação de Responsabilidade Técnica);

*OBS: Não fazemos acabamento; Todo material será fornecido pelo cliente, assim como a administração dos serviços.*

## Prazo da construção:

De 30 a 60 dias (após assinatura do contrato).

## Formas de pagamento

Conforme o andamento da obra e acordo entre as partes . Aceitamos: Construcad \ BNDS \ Pouplex \ Cartão de crédito em até 3 vezes sem juros



# ANÁLISE QUANTITATIVA DE ESTRUTURAS SIMILARES EM CONCRETO ARMADO UTILIZANDO A METODOLOGIA GDE/UNB: ESTUDO DE CASO

## QUANTITATIVE ANALYSIS OF SIMILAR STRUCTURES IN REINFORCED CONCRETE USING THE GDE / UNB METHODOLOGY: CASE STUDY

Ráysson Ferreira Teles<sup>1</sup>  
Irene de Azevedo Lima Joffily

### RESUMO

O concreto armado se tornou o material da construção civil mais utilizado em todo mundo, isso implica em estudos aprofundados para o entendimento do comportamento das estruturas concebidas com a aplicação deste material. Resultado desta preocupação foi a criação da Metodologia GDE, que possibilita a verificação do grau de deterioração de estruturas através de inspeções in-loco. Em posse desta ferramenta duas edificações de aproximadamente 43 anos de existência, situadas em uma organização militar do Exército Brasileiro no Distrito Federal, foram avaliadas com o objetivo de se verificar o grau de deterioração das duas edificações. Nesta avaliação foram inspecionados um total de 177 elementos estruturais com a confecção de croquis das edificações mapeando a incidência de cada tipo de patologia em cada edificação e por fim foi realizada uma comparação entre os estados de deterioração entre as edificações. Verificou-se que em uma das edificações a incidência de manifestações patológicas se deu de forma mais

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UnICEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Projeto, Execução e Manutenção de Edificações, sob orientação da Prof. MSc. Irene de Azevedo Lima Joffily.

acentuada estando está em nível de deterioração médio, enquanto a segunda o nível de deterioração é baixo, esta diferença entre as duas edificações se justifica a diferente exposição à agentes externos a que os elementos estão expostos além disso tais anomalias foram motivadas pela falta de manutenção preventiva, impermeabilizações degradadas ou ausência da mesma e esbeltez excessiva dos elementos estruturais do Pavilhão de Comando.

**Palavras-chave:** Metodologia GDE. Patologia. Durabilidade. Vida útil.

## ABSTRACT

Reinforced Concrete has become the material most used by civil construction in the world, it implies in large studies for the understanding of behavior from these structures designed with application of this material. The results of this concern was the creation of the GDE Methodology, wich allows to know the deterioration scale of structures by means of in-loco inspections. Applying this tool in two buildings on a military area of the Brazilian Army – Distrito Federal, were verified with the objective of evaluate the level of deterioration from buildings. In this evaluation was verified 177 structural elements, with a construction of sketches from buildings, with analysis of each type of pathology in both buildings and finally a comparison was made among deterioration state in each structure. It was verified that in one of the buildings the incidence of pathological manifestations occurred more markedly with degree of deterioration of 30,48 while a second one was 0,00 in the elements with greater agent of external agents, such as rain and sun. Such anomalies were motivated by the lack of preventive maintenance, degraded waterproofing or lack thereof and slenderness of the structural elements of the Command Pavilion.

**Keywords:** Gde Methodology. Pathologies. Durability. Lifespan.

## 1 INTRODUÇÃO

O concreto armado é o material construtivo de maior utilização em todo o mundo, sua utilização em larga escala como material de construção se deve a algumas características particulares, tais como a facilidade de execução de elementos de diversas formas e tamanhos, a disponibilidade de materiais constituintes e principalmente pelo menor custo quando comparado a outros materiais (ANDRADE, 1997).

Segundo Angelo (2004), no início da década de 70, os materiais da construção civil utilizados na execução do concreto armado evoluíram significativamente, em especial os cimentos. Com a utilização de novas tecnologias e equipamentos, as fábricas de cimento passaram a oferecer no mercado um cimento com grãos mais finos e ricos em adições minerais. Estas novas características do



cimento propiciavam ao concreto um rápido crescimento de resistência nas primeiras idades e uma resistência final também superior.

No entanto, mesmo diante de excelentes resultados de desempenho e qualidade, o concreto armado necessitava de certos cuidados na sua elaboração, com objetivo de otimizar seu desempenho e vida útil. A sua correta utilização se baseia no estudo do traço, dosagem, manuseio e cura adequados, além disso, manutenção preventiva periódica e a proteção contra agentes agressivos (LAPA, 2008).

Com o passar dos anos, percebeu-se que esses concretos, concebidos a partir dos novos procedimentos, tornaram-se verdadeiras “bombas relógios”. Reduzindo-se a quantidade de material alcalino, oriundo do cimento, e o consecutivo aumento da quantidade de água, o concreto ficou poroso, mais permeável e cuja proteção química, oferecida pelos álcalis do cimento ao aço, mostrou-se insuficiente. Isso desencadeou significativos números de patologias em estruturas de concreto, principalmente com grande incidência de casos de corrosão das armações (ANGELO, 2004).

Além dessa nova característica do concreto, a falta de manutenção faz com que pequenas manifestações patológicas, que teriam baixo custo de recuperação, evoluam para situações de desempenho insatisfatório com ambientes insalubres, de deficiente aspecto estético, de possível insegurança estrutural e de alto custo de recuperação (GONÇALVES, 2015).

Inspecionar, avaliar e diagnosticar as patologias da construção são atividades de alto grau de complexidade e exige do engenheiro conhecimento aprofundado e experiência no desenvolvimento destas tarefas, desta forma fica assegurado que o especialista aponte um diagnóstico correto e a adoção de terapias adequadas.

Com o objetivo de facilitar e atribuir maior confiabilidade a estas práticas são cada vez mais comuns metodologias que vem sendo desenvolvidas com foco na praticidade, precisão e cada vez menos na subjetividade, dentre as quais podemos citar a Matriz GUT – (Matriz de Gravidade, Urgência e Tendência) e Metodologia GDE – (Grau de Deterioração da Estrutura).

Em face destas dificuldades, o presente estudo foi elaborado utilizando a Metodologia GDE com o objetivo de fazer uma análise quantitativa do grau de deterioração das estruturas de duas edificações do Exército Brasileiro no Distrito Federal, inspecionando e avaliando a intensidade e incidência das manifestações patológicas encontradas, as quais foram mapeadas em croquis e por fim foi realizada uma análise indicando o motivo das diferenças entre os níveis de deterioração entre as estruturas.

O presente trabalho foi então estruturado nas seguintes seções: na seção dois apresenta-se a Revisão da Literatura que abordará os tópicos de considerações sobre patologias, durabilidade, vida útil, manifestações patológicas e metodologia GDE; a seção três faz referência a metodologia empregada no desenvolvimento deste estudo; na seção quatro apresentam-se os resultados e análises do estudo de caso e por fim na quinta seção são apresentadas as conclusões obtidas com a execução do estudo.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Considerações sobre patologias**

Helene (1997) afirma que Patologia pode ser entendida como parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.

Uma outra caracterização sobre patologia foi feita por Azevedo (2011), onde o autor afirma que, em geral, os danos que constituem indícios de comportamento irregular de componentes do sistema, devem ser devidamente avaliados e adequadamente corrigidos para que não venha a comprometer as condições de estabilidade e segurança do elemento danificado ou até da edificação. Esse tipo de dano ou defeito caracteriza o que chamamos de manifestação patológica e é objeto da ciência identificada como Patologia.

### **2.2 Durabilidade**

É cada vez mais notável a quantidade de edificações que apresentam algum tipo de problema relacionado a utilização, estética ou estrutura, situação em que há

depreciação ou inutilização da edificação devido a estas deficiências, isso nos remete a busca pelas premissas de durabilidade.

Segundo Helene (2001), a durabilidade é definida como sendo o resultado da interação entre a estrutura de concreto, o ambiente e as condições de uso, de operação e de manutenção. Tal afirmação indica que a durabilidade não está condicionada a estruturas de aço e concreto e sim a uma série de fatores.

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) a durabilidade está assegurada às estruturas que seguirem as suas prescrições e condições relativas a durabilidade, Estado Limite Último e Estado Limite de Serviço. A garantia da durabilidade também está condicionada a realização de manutenções preventivas conforme prevê o projeto e respeito a destinação de uso da edificação.

Frente a importância e a preocupação com a durabilidade do concreto armado que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) tem buscado frequentemente implantar e atualizar ações que garantam ou ampliem a durabilidade das estruturas. Na NBR 6118 (ABNT, 2014) temos exemplos destas ações onde é feito o aumento da espessura do cobrimento de peças em concreto armado e a redução da relação água/cimento.

## **2.3 Vida útil**

A vida útil é um conceito quantitativo associado a um período de tempo. A NBR 15575 (ABNT, 2013) – Norma de Desempenho define vida útil de projeto como sendo o Período estimado de tempo para o qual um sistema é projetado a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos, considerando o atendimento aos requisitos das normas aplicáveis, o estágio do conhecimento no momento do projeto e supondo o cumprimento da periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção.

Com base nas alterações feitas recentemente nas normas que abordam o concreto armado, é desejada uma vida útil mínima de 50 anos para edificações de uso residencial, conforme a NBR 15.575 (ABNT, 2013). Em alguns casos, há interesse em se projetarem estruturas para prazo superior a 100 anos, principalmente

em obras públicas de grande responsabilidade como por exemplo estádios, barragens, túneis, viadutos, pontes, etc. (TUTHILL, 1991).

A vida útil de uma estrutura de concreto pode ser influenciada por diversos parâmetros, como os seguintes:

### **a) A natureza da estrutura**

A concepção das estruturas na maioria das vezes está condicionada a uma expectativa de vida útil. Algumas com a expectativa para durar apenas alguns anos, nesses casos possuem custos um pouco inferiores. Para essas edificações o controle de qualidade, visando à durabilidade, pode ser menos rígido devido ao curto período exigido para a sua utilização. Outros tipos de edificação exigem mais atenção no que diz respeito à durabilidade.

No planejamento de obras públicas tais como metrô, estádios, obras de arte, obras rodoviárias, ferroviárias ou hidrelétricas, juntamente com o estudo de viabilidade econômica e social, devem ser adotados procedimentos que demandem pouca manutenção ao longo dos anos, até que sejam substituídas, recuperadas ou modificadas.

### **b) O meio ambiente**

O meio ambiente tem influência marcante na durabilidade das estruturas. Em estruturas de concreto armado como os reservatórios de águas tratadas, naquelas localizadas em ambiente marinho ou industrial agressivo, o concreto deverá ter condições especiais para resistir à severa agressividade do meio.

### **c) A função estrutural dos elementos**

Elementos estruturais que têm função importante no desempenho e na estabilidade de uma edificação, como pilares, vigas de transição, rótulas, etc. que no caso de um eventual reparo seja de difícil execução ou mesmo de alto custo, devem ser projetados visando uma maior vida útil.

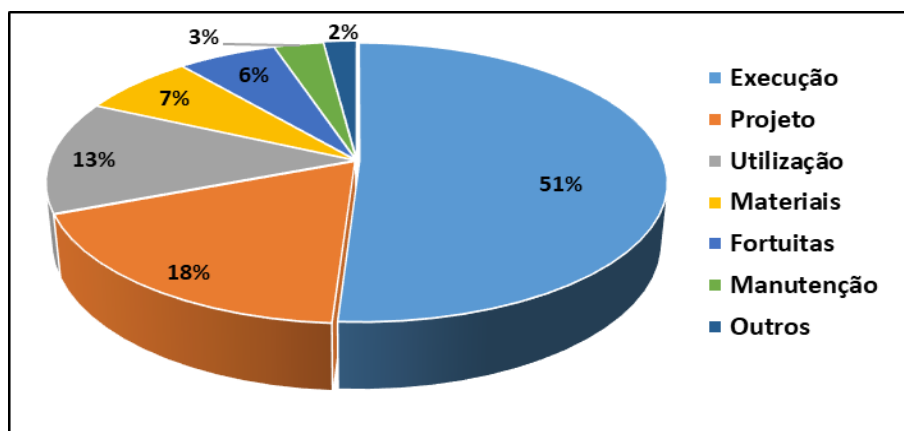
## 2.4 Manifestações Patológicas

Segundo Cánovas (1988), patologia é a parte da engenharia que estuda os mecanismos, os sintomas, as causas e origens dos defeitos das obras. Em alguns casos, é possível se fazer um diagnóstico das patologias apenas através da visualização. Entretanto, em outros casos o problema é mais complexo, sendo necessário verificar o projeto, investigar as cargas a que foi submetida à estrutura; analisar detalhadamente a forma como foi executada a obra e, inclusive, como esta patologia reage diante de determinados estímulos. Dessa forma, é possível identificar a causa destes problemas, corrigindo-os para não se manifestarem novamente.

Para Piancastelli (1997), sendo o concreto armado, um material não inerte, ele se sujeita a alterações, ao longo do tempo, devido a interações entre seus elementos constitutivos (cimento, areia, brita, água e aço), interações entre esses e agentes externos (ácidos, bases, sais, gases e outros) e com materiais que lhe são adicionados (aditivos e adições minerais).

Segundo Palermo (1993), em levantamentos feitos em edificações brasileiras que apresentavam algum tipo de patologia, cada uma das etapas abaixo citadas seria responsável por um grau de incidência de anomalias. O Gráfico 1 demonstra as principais causas constatadas atualmente.

**Gráfico 1** - Causas das patologias nas edificações



Fonte: Adaptado (AECWEB, 2017).

Na maioria dos casos, anomalias são detectadas pelos próprios usuários da edificação, mas nem sempre elas são sintomas de patologias, mas quando são, as anomalias já se encontram em adiantado estado de degradação.

Geralmente em casos de acidentes catastróficos motivados por patologias, como por exemplo, prédios que vão a ruína, não obedecem apenas uma origem agindo sozinha, mas sim várias que juntamente acabam levando a estrutura ao colapso, em São Bernardo do Campo – SP, um prédio comercial teve o desabamento de várias lajes motivado por infiltrações em uma de suas salas. Não é difícil encontrar estruturas nas quais foi cometido um grande erro em qualquer uma das etapas e mesmo assim não apresentam grandes danos.

Do contrário, pode-se encontrar estruturas que apresentem grandes danos que reduzem a durabilidade e resistência mecânica, mas que sua causa vem de erros ou falhas menores, mas quando atuam de maneira conjunta, superpondo seus efeitos e trazendo graves consequências (CÁNOVAS, 1988). É consenso entre os especialistas que, quanto mais cedo a anomalia for detectada, menor terá sido a perda de desempenho, e mais simples e barato será o reparo.

Segundo Sitter (1983), adiar os reparos significa aumentar os custos numa progressão geométrica. Portanto, é de grande importância a realização de inspeções periódicas através de profissional habilitado, para que sintomas de patologias possam ser detectadas com maior brevidade possível.

Para a identificação da origem das patologias do concreto é preciso observar suas manifestações que ocorrem normalmente nas partes externas das estruturas, mas que nem sempre, estas partes são expostas sendo necessário análise específica a estrutura. As manifestações patológicas indicadas a seguir são indícios da existência de patologias do concreto armado em diferentes tipos de elementos.

- Fissuras e Trincas;
- Desagregação;
- Erosão e Desgaste;
- Desagregação (Desplacamento ou Esfoliação);

- Segregação;
- Manchas;
- Eflorescência;
- Calcinação;
- Flechas Exageradas;
- Perda de Aderência Entre Concretos (nas juntas de concretagem);
- Porosidade; e
- Permeabilidade.

## **2.5 Metodologia de avaliação do Grau de Deterioração da Estrutura – GDE**

### *2.5.1 Definição e evolução da GDE*

A metodologia GDE teve sua origem através do autor Klein et al. (1991) onde um convênio foi firmado entre a Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS e a Prefeitura Municipal de Porto Alegre, e teve como objetivo criar e implementar um processo de vistorias sistematizadas em estruturas, especialmente viadutos, túneis e pontes, com a finalidade verificar e orientar a manutenção periódica, com foco nas ações de reparo. A metodologia apresentada classificava as estruturas em função da variedade e gravidade dos problemas apresentados, através da definição de um grau de risco.

Três anos após, Castro (1994) utilizando-se do método proposto por Klein et al. (1991) verificou que o método apresentava limitações quando utilizado em edificações convencionais, pois o mesmo era voltado para estruturas de obras de arte especiais.

Diante dessa limitação, Castro (1994) propôs alterações com o objetivo de adaptar a metodologia para estruturas convencionais. A proposta tinha como premissas a inclusão de parâmetros que permitissem quantificar o grau de deterioração de uma estrutura usual e de seus elementos, e sua evolução ao longo da

vida útil. O modelo adotado para representar o grau de dano de um elemento de Castro, baseou-se no método desenvolvido por Tuutti (1982), para estudo da evolução do processo de corrosão de armaduras, ampliado por vários autores para outros tipos de manifestações de danos em estruturas de concreto.

À metodologia de Castro (1994) foram sugeridas algumas alterações feitas por Lopes (1998), pois o método desenvolvido tinha como padrão a aplicação em seis prédios de uso comercial de propriedade do Banco do Brasil S.A., verificou-se a necessidade de algumas pequenas alterações na metodologia, visando uma maior abrangência e facilidade de sua aplicação. Lopes (1998) fez alterações nos seguintes itens: nas famílias de elementos, na relação de danos, na definição de novos fatores de ponderação de danos e na formulação de cálculo do grau de deterioração de um elemento (*Gde*).

Diante do desenvolvimento da metodologia GDE foi incorporada por Silva (1998) uma proposta de previsão de vida útil em estruturas de concreto, considerando os processos associados à corrosão de armaduras, esta associação propiciou um avanço na possibilidade de se obter uma previsão confiável de vida útil de estruturas de concreto de edificações novas e de vida útil residual de estruturas de edificações existentes. O método pode ser utilizado como ferramenta auxiliar para a tomada de decisão sobre a necessidade de atuar em estruturas deterioradas e, ainda, determinar o momento adequado para a intervenção.

Anos depois, Andrade (2000) faz uma proposta de previsão de vida útil em estruturas de concreto baseado em resultados de sua pesquisa, que estão correlacionados aos processos de corrosão de armaduras, e em especial a aqueles em que a etapa de iniciação é desencadeado pela penetração de cloretos.

Em sua versão mais recente, formulada por Boldo (2002), a metodologia de avaliação de Grau de Deterioração da Estrutura – GDE é alterada e alguns parâmetros são mudados e outros incluídos dos quais podemos citar: inclusão de danos, alterações de alguns fatores de ponderação, supressão de danos em alguns elementos, alterações de fatores de intensidade do dano e inclusão de anexo fotográfico ao roteiro de inspeção.



A fim de deixar mais compreensível a utilização do método, será apresentado um pequeno roteiro da utilização da metodologia GDE. Boldo (2002), em seu roteiro apresenta os conceitos e características de cada uma das manifestações patológicas, em seguida faz a apresentação das variáveis que compõem o cálculo do Grau de Deterioração dos Elementos e da Estrutura, dos quais podemos citar o Fator de ponderação do dano (**Fp**), Fator de intensidade do dano (**Fi**), Grau de deterioração de um elemento (**Gde**), Grau de deterioração da família (**Gdf**) e por fim o Grau de deterioração da estrutura (**Gd**), sendo o nível de deterioração e as ações a serem tomadas determinados através da consulta da Tabela 1.

**Tabela 1** – Classificação dos níveis de deterioração da estrutura

Nível de deterioração	G <sub>de</sub>	Ações a serem adotadas
Baixo	0 - 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15 – 40	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em médio prazo (máx. 2 anos).
Alto	40 – 60	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 1 ano).
Crítico	> 60	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.

Fonte: Boldo (2002).

Através de inspeção *in-loco*, o inspetor atribui fatores de intensidade às manifestações patológicas de acordo com o estado de deterioração em que são encontradas. Estes fatores vão de zero a quatro, sendo zero o elemento que não apresenta nenhuma lesão e quatro o elemento que está em estado crítico conforme pode ser visto na Tabela 2.

**Tabela 2** – Classificação dos fatores de intensidade

0	- elemento em perfeitas condições, sem lesões;
1	- elemento em bom estado, lesões leves;
2	- elemento em estado razoável, lesões toleráveis;
3	- elemento em más condições, lesões graves;
4	- elemento em péssimas condições, estado crítico.

Fonte: Boldo (2002).

Após a aferição dos níveis de intensidade dos elementos é possível calcular através de fórmulas o dano do elemento, o grau de deterioração do elemento, o grau de deterioração da família e por fim o grau de dano da estrutura, conforme prevê a metodologia aperfeiçoada por Boldo (2002).

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho classifica-se como estudo de caso e foi realizado em edificações situadas em uma Organização Militar do Exército em Brasília – DF. O estudo consiste na avaliação do estado de degradação de duas estruturas de concreto armado com 43 anos, e foi viabilizado através da aplicação da metodologia GDE que foi apresentada por Klein et al. (1991) e teve sua última alteração proposta por Boldo (2002). A metodologia GDE é fundamentada na inspeção/avaliação de cada elemento de concreto armado, em seguida através de fórmulas é feita a avaliação do grau de deterioração da família de determinado elemento e, por fim, a verificação do grau de deterioração da estrutura como um todo.

São duas as edificações que subsidiam esta pesquisa, a primeira denominada Pavilhão de Comando, consiste numa edificação de aproximadamente 1.800 metros quadrados e possui dois pavimentos. Nesta edificação serão objetos de inspeção as lajes em balanço do beiral do 1º piso, pilares-parede das fachadas leste e oeste do pavimento superior, e juntas de dilatação e por fim lajes em balanço do beiral da cobertura. Totalizam na edificação os seguintes elementos inspecionados/avaliados: 46 pilares-parede, 2 juntas de dilatação e 14 lajes, conforme indicação na Figura 1.

**Figura 1** – Indicação de elementos inspecionados no Pavilhão de Comando

Fonte: Autor.

A segunda edificação, denominado Pavilhão Administrativo, possui aproximadamente 2.400 metros quadrados e também é composta por dois pavimentos. Neste pavilhão, serão objeto de inspeção as Lajes em balanço do beiral da cobertura, vigas externas (aparentes) no 1º piso, juntas de dilatação e os pilares-parede (2 lances) das fachadas leste e oeste, num total de 8 lajes, 48 vigas, 3 juntas de dilatação e 56 pilares-parede, conforme indica Figura 2.

**Figura 2** – Indicação de elementos inspecionados no Pavilhão Administrativo

Fonte: Autor.

Os demais elementos estruturais não foram avaliados devido à impossibilidade de acesso, pois internamente existe forro em toda a edificação.

Diante da impossibilidade na execução de ensaios destrutivos em muitos elementos estruturais das edificações, a verificação do estado de evolução da carbonatação nas edificações foi realizada da seguinte forma: No Pavilhão de Comando serão submetidas ao ensaio 2 lajes do 1º Pavimento (Lajes em balanço – Beiral) e 2 pilares-parede do pavimento superior, ressalta-se que o estado de carbonatação verificado nos dois elementos foi atribuído aos demais elementos de mesma família que estiverem submetidos às mesmas solicitações e estiverem expostos a condições ambientais similares.

Já no Pavilhão Administrativo o ensaio contemplará 2 pilares-parede e 2 vigas, neste pavilhão não foi possível executar o ensaio nas lajes da cobertura (Lajes em balanço – Beiral), pois estes elementos estão a aproximadamente 7,5 metros de altura, fato que colocaria em risco de queda o executor do ensaio, a exemplo do outro pavilhão, os parâmetros de carbonatação encontrados nos elementos examinados foram atribuídos aos elementos de mesma família, submetidos a solicitações similares e exposições ambientais iguais.

A etapa seguinte deste trabalho consiste no desenvolvimento de croquis das edificações (Pavilhão de Comando e Pavilhão Administrativo) que tem por objetivo a exibição do mapeamento dos danos encontrados em cada tipo de elemento.

E, por fim, foi feita uma análise comparativa entre as duas edificações em estudo, com o apontamento de qual das edificações apresentou um maior grau de deterioração.

## **4 RESULTADOS E ANÁLISES**

Para uma melhor organização e facilidade de entendimento, os resultados foram dispostos inicialmente por edificação, desta forma, os resultados que primeiro foram apresentados são do Pavilhão de Comando em seguida foram apresentados os resultados do Pavilhão Administrativo.

### **4.1 Pavilhão de Comando**

Nesta edificação foram inspecionados um total de 62 elementos que ocorreu nos dias 4, 5 e 12 de setembro de 2017. Os primeiros resultados a serem exibidos são dos pilares do Pavilhão de Comando, só foi possível a inspeção dos pilares do 1º piso, pois os pilares do pavimento térreo estão revestidos por mármore e pintura, o que inviabilizou a inspeção dos mesmos. Na Tabela 3 está a apresentação do grau de dano de cada elemento ( $G_{de}$ ) e a apresentação do grau de dano da respectiva família ( $G_{df}$ ).

Tabela 3 – Grau de dano de elementos e família – Pilares – Pavilhão de Comando

PILARES																							
Local	PAVILHÃO DE COMANDO - PAV SUPERIOR																						
Nome do Elemento	P86			P87		P88		P90		P98		P105		P106		P110		P114		P127		P128	
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D
Carbonatação	7	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8
Cobrimento Deficiente	6	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Contaminação por Cloretos	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Corrosão de Armaduras	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desagregação	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desvio de Geometria	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eflorescência	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Esfoliação	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fissuras	10	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	1	4	-	-	1	4	-	-	-	-	-	-
Infiltração na Base	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manchas	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1	2	
Recalque	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Segregação	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2,4	-	-	
Sinais de Esmagamento	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	5,6	Gde	6,3	Gde	2,8	Gde	5,6	Gde	2,8	Gde	4,5	Gde	4,0
		Gdf = 0																					

Fonte: Autor.

Os pilares que apresentaram grau de dano insignificantes (76%) não foram exibidos na Tabela 3 devido à grande quantidade de elementos inspecionados. O grau de dano da família encontrado foi igual a zero, pois conforme prescreve o método, elementos com  $G_{de}$  menor ou igual a 15 não são incluídos no cálculo do  $G_{df}$ .

Nota-se que o grau de dano de 24% dos pilares ficou entre 2,8 e 6,3, sendo os principais danos encontrados o cobrimento deficiente, fissuras, manchas, segregação e infiltração na base.

Os resultados apresentados abaixo se referem as lajes do 1º Piso e estão expressos na Tabela 4 com a apresentação do grau de dano de cada elemento ( $G_{de}$ ) e a apresentação do grau de dano da família ( $G_{df}$ ).

Tabela 4 – Grau de dano de elementos e família – Lajes – 1º Piso – Pav. de Comando

LAJES EM BALANÇO - BEIRAL																		
Local	PAVILHÃO DE COMANDO - 1º PISO																	
Nome do Elemento		L1			L2		L3		L4		L5		L18		L19		L20	
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	
Carbonatação	7	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	
Cobrimento Deficiente	6	2	4,8	2	4,8	-	-	-	-	2	4,8	-	-	-	-	-	-	
Contaminação por Cloretos	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Corrosão de Armaduras	7	3	28	2	5,6	-	-	-	-	2	5,6	-	-	-	-	-	-	
Desagregação	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Eflorescência	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Esfoliação	8	1	3,2	-	-	-	-	-	-	1	3,2	-	-	-	-	-	-	
Fissuras	10	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	
Flechas	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Infiltração	6	2	4,8	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	2	4,8	2	4,8	3	24	
Manchas	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Segregação	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Gde	39,5	Gde	9,6	Gde	6,3	Gde	6,3	Gde	9,8	Gde	7,6	Gde	7,6	Gde	29,3	
		Gdf = 56,36																

Fonte: Autor.

O grau de dano da família encontrado foi igual a 56,36 sendo que 100% das lajes em balanço do 1º piso apresentaram manifestações patológicas. O grau de dano dos elementos ficou entre 6,3 e 39,5, sendo os principais danos encontrados a carbonatação, cobrimento deficiente, corrosão de armaduras, esfoliação, fissuras e infiltração.

A Tabela 5 do Pavilhão de Comando, onde podemos verificar os resultados das lajes de cobertura. Nesta edificação não foi possível inspecionar as vigas de centro e lajes do telhado devido a impossibilidade de acesso às mesmas por causa do forro e telhado.

**Tabela 5** – Grau de dano de elementos e família – Lajes Cobertura – Pav. de Comando

LAJES EM BALANÇO - BEIRAL													
Local	PAVILHÃO DE COMANDO - COBERTURA												
Nome do Elemento		L1		L2		L3		L11		L12		L13	
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D
Carbonatação	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobrimento Deficiente	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Contaminação por Cloretos	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Corrosão de Armaduras	7	-	-	2	5,6	-	-	-	-	-	-	-	-
Desagregação	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eflorescência	5	-	-	-	-	-	-	2	4	1	2	1	2
Esfoliação	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fissuras	10	1	4	-	-	2	8	3	40	2	8	1	4
Flechas	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltração	6	1	2,4	-	-	2	4,8	2	4,8	2	4,8	3	24
Manchas	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Segregação	5	-	-	1	2	-	-	-	-	1	2	1	2
		Gde	5,5	Gde	7,1	Gde	11,0	Gde	47,2	Gde	12,2	Gde	30,0
		Gdf = 65,56											

Fonte: Autor.

Nas lajes em balanço da cobertura o grau de dano da família encontrado foi igual a 65,56 sendo que 100% dos elementos apresentaram manifestações patológicas. O grau de dano dos elementos ficou entre 5,5 e 47,2, sendo os principais danos encontrados a corrosão de armaduras, eflorescência, fissuras, infiltração e segregação.

Os últimos elementos inspecionados no Pavilhão de Comando são as juntas de dilatação que apresentam o grau de deterioração dos elementos e da família na Tabela 6.

**Tabela 6** – Grau de dano de elementos e família – Juntas de dilatação – Pav. de Comando

JUNTAS DE DILATAÇÃO					
Local	PAVILHÃO DE COMANDO				
Nome do Elemento		Junta 1		Junta 2	
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D
Infiltração	10	2	8	2	8
Obstrução de junta	10	-	-	-	-
		Gde	8,0	Gde	8,0
		Gdf = 0			

Fonte: Autor.

As juntas de dilatação do Pavilhão de Comando apresentaram grau de dano do elemento igual a 8,0 e grau de dano da família igual a zero.

Após calculados os graus de deterioração das famílias de elementos do Pavilhão de Comando, estes foram multiplicados por seus respectivos fatores de relevância estrutural (  $F_r$  ), e em seguida o somatório desta multiplicação é dividido pelo somatório dos fatores de relevância estrutural, com isso obtém-se o Grau de deterioração da estrutura, como pode ser verificado na Tabela 7.

Tabela 7 – Grau de deterioração da estrutura – Pavilhão de Comando

Grau de deterioração da Estrutura			
Local	Pavilhão de Comando		
Família de Elementos	Gdf	Fr	Gdf x Fr
Pilares	0	5,0	0
Lajes 1° Piso (Beiral )	56,36	4,0	225,44
Lajes Cobertura (Beiral )	65,56	4,0	262,24
Juntas de Dilatação	0	3,0	0
	Total	16,0	487,68
		Gd	30,48

Fonte: Autor.

Conforme a Tabela 7 demonstra podemos verificar que o Grau de deterioração da estrutura do Pavilhão de Comando é 30,48, estando a edificação em nível de deterioração médio, o que requer que uma nova data de inspeção seja estipulada, exigindo também um plano de intervenção de médio prazo (no máximo 2 anos).

As lajes do beiral da cobertura apresentaram maior grau de dano, seguidas das lajes do beiral do 1° piso, enquanto os pilares e juntas de dilatação não apresentaram danos significativos.



### 4.2 Pavilhão Administrativo

Foram objetos de inspeção um total de 115 elementos que ocorreu nos dias 1º, 4 e 12 de setembro de 2017. Seguindo a ordem dos resultados apresentados anteriormente, os primeiros resultados a serem exibidos neste pavilhão são dos pilares, a inspeção realizada contempla os dois lances (Térreo e 1º Pav.) de pilares-parede, os pilares internos não foram inspecionados pois estão revestidos por pintura. Na Tabela 8 está a apresentação do grau de dano de cada elemento ( $G_{de}$ ) e a apresentação do grau de dano da respectiva família ( $G_{df}$ ).

Tabela 8 – Grau de dano de elementos e família – Pilares – Pavilhão Administrativo

PILARES																					
Local	PAVILHÃO ADMINISTRATIVO - 2 LANCES DE PILARES																				
Nome do Elemento		P13		P16		P17		P18		P19		P24		P28		P29		P30		P31	
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D
Carbonatação	7	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8
Cobrimento Deficiente	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2,4	-	-
Contaminação por Cloretos	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Corrosão de Armaduras	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desagregação	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desvio de Geometria	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eflorescência	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Esfoliação	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fissuras	10	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltração na Base	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manchas	5	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recalque	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Segregação	6	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	-	-	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4
Sinais de Esmagamento	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gde	4,1	Gde	4,5	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	5,6	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,6	Gde	4,1

Nome do Elemento		P32			P33			P34			P35			P36			P37			P38			P39			P94			P79		
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D		
Carbonatação	7	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8		
Cobrimento Deficiente	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Contaminação por Cloretos	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Corrosão de Armaduras	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Desagregação	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Desvio de Geometria	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Eflorescência	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Esfoliação	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Fissuras	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Infiltração na Base	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Manchas	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2			
Recalque	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Segregação	6	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4		
Sinais de Esmagamento	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,5		

Nome do Elemento		P80			P82			P83			P84			P87			P88			P90			P91			P92			P93			P126		
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D			
Carbonatação	7	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8			
Cobrimento Deficiente	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Contaminação por Cloretos	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Corrosão de Armaduras	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Desagregação	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Desvio de Geometria	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Eflorescência	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Esfoliação	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Fissuras	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Infiltração na Base	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Manchas	5	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2				
Recalque	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Segregação	6	-	-	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4			
Sinais de Esmagamento	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		Gde	4,0	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,5			
		Gdf = 0																																

Fonte: Autor.

Os pilares que apresentaram grau de dano insignificantes (45%) não foram exibidos na Tabela 8 devido à grande quantidade de elementos inspecionados. O grau de dano da família encontrado foi igual a zero. Nota-se que o grau de dano de 55% dos pilares ficou entre 4,0 e 5,6, sendo os principais danos encontrados a carbonatação, cobrimento deficiente, fissuras, manchas e segregação.

A Tabela 9 apresenta os resultados das lajes inspecionadas no Pavilhão Administrativo. Abaixo é possível verificar que nenhum elemento apresentou *Gde* igual ou superior a 15, no entanto o grau de dano da família é igual a zero.

Tabela 9 – Grau de dano de elementos e família – Lajes – Pavilhão Administrativo

LAJES EM BALANÇO - BEIRAL																		
Local	PAVILHÃO ADMINISTRATIVO - LAJES																	
Nome do Elemento		L2		L3		L4		L5		L6		L7		L8		L9		
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	
Carbonatação	7	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	
Cobrimento Deficiente	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Contaminação por Cloretos	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Corrosão de Armaduras	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Desagregação	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Eflorescência	5	-	-	1	2	1	2	1	2	-	-	2	4	-	-	-	-	
Esfoliação	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fissuras	10	1	4	2	8	1	4	1	4	1	4	1	4	2	8	1	4	
Flechas	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Infiltração	6	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	2	4,8	0	0	1	2,4	
Manchas	5	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	
Segregação	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Gde	6,3	Gde	11,8	Gde	6,6	Gde	6,8	Gde	6,3	Gde	8,1	Gde	10,1	Gde	6,3	
		Gdf = 0																

Fonte: Autor.

Nas lajes em balanço do beiral da cobertura do Pavilhão Administrativo 100% dos elementos apresentaram manifestações patológicas. O grau de dano dos elementos ficou entre 6,3 e 11,8, sendo os principais danos encontrados a carbonatação, eflorescência, fissuras e infiltração. Embora as lajes das duas edificações estejam submetidas as mesmas condições ambientais as lajes do Pavilhão Administrativo estão em melhor estado e isso se justifica pela robustez das lajes deste pavilhão que tem 25 centímetros de espessura, ou seja, são menos esbeltas que as lajes do Pavilhão de Comando, fato que as deixam mais vulneráveis a fissuras e consequentemente infiltrações.

Os valores dos graus de dano dos elementos da inspeção das juntas de dilatação do Pavilhão Administrativo estão expressos na Tabela 10.

Tabela 10 – Grau de dano de elementos e família – Juntas de dilatação – Pav. Administrativo

JUNTAS DE DILATAÇÃO							
Local	PAVILHÃO DE ADMINISTRATIVO						
Nome do Elemento		Junta 1		Junta 2		Junta 3	
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D	Fi	D
Infiltração	10	2	8	1	4	2	8
Obstrução de junta	10	-	-	-	-	-	-
		Gde	8,0	Gde	4,0	Gde	8,0
		Gdf = 0					

Fonte: Autor.

As juntas de dilatação do Pavilhão de Administrativo apresentaram grau de dano do elemento igual entre 4,0 e 8,0 e grau de dano da família igual a zero, sendo que em 100% delas foi constatada a existência de infiltrações.

Finalizando a apresentação dos resultados dos elementos do Pavilhão Administrativo serão expressos os valores obtidos na inspeção das vigas, conforme Tabela 11.

Tabela 11 – Grau de dano de elementos e família – Vigas – Pavilhão Administrativo

VIGAS																							
Local	PAVILHÃO ADMINISTRATIVO - VIGAS																						
Nome do Elemento		V1		V7		V8		V48		V49		V54		V63		V65		V66		V69		V71	
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D
Carbonatação	7	2	5,6	2	5,6	2	5,6	2	5,6	2	5,6	2	5,6	2	5,6	2	5,6	2	5,6	2	5,6	2	5,6
Cobrimento Deficiente	6	2	4,8	2	4,8	0	0	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	0	0	2	4,8	2	4,8	2	4,8
Contaminação por Cloretos	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Corrosão de Armaduras	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desagregação	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eflorescência	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Esfoliação	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Flechas	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fissuras	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	1	4
Infiltração	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manchas	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Segregação	4	-	-	1	1,6	-	-	-	-	1	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sinais de Esmagamento	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3,2	-	-	1	3,2
		Gde	8,2	Gde	8,6	Gde	5,6	Gde	8,2	Gde	8,6	Gde	8,2	Gde	8,9	Gde	5,6	Gde	8,9	Gde	9,0	Gde	9,4
		Gdf = 0																					

Fonte: Autor.

Conforme pode ser verificado na Tabela 11 o grau de dano da família encontrado é zero, pois nenhum elemento apresentou um grau de dano igual ou superior a 15.

As vigas que apresentaram grau de dano insignificantes (77%) não foram exibidos na Tabela 11 devido à grande quantidade de elementos inspecionados. Nota-se que o grau de dano de 23% das vigas ficou entre 5,6 e 9,4, sendo os principais danos encontrados a carbonatação, cobrimento deficiente, esfoliação, fissuras, segregação e sinais de esmagamento.

Depois de verificados os graus de dano das famílias é possível calcular o grau de deterioração da estrutura do Pavilhão Administrativo conforme apresenta a Tabela 12.

Tabela 12 – Grau de deterioração da estrutura – Pavilhão Administrativo

Grau de deterioração da Estrutura			
Local	Pavilhão de Administrativo		
Família de Elementos	Gdf	Fr	Gdf x Fr
Pilares	0	5,0	0
Lajes 1º Piso (Beiral )	0	4,0	0
Lajes Cobertura (Beiral )	0	4,0	0
Juntas de Dilatação	0	3,0	0
	Total	16,0	0,0
		Gd	0,0

Fonte: Autor.

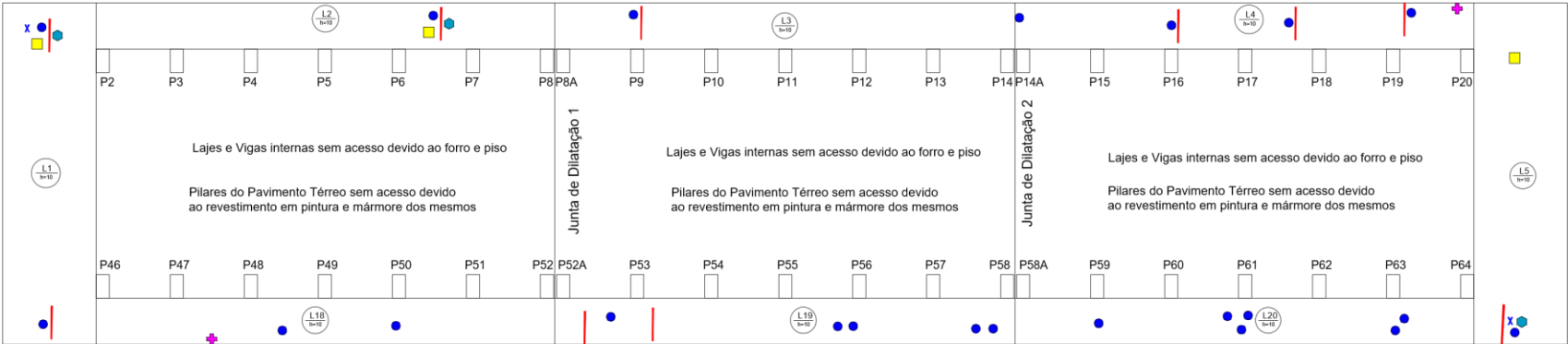
Na Tabela 12 verificou-se que o Grau de deterioração da estrutura do Pavilhão Administrativo é zero, pois os graus de deterioração das famílias foram iguais a zero, desta forma, a edificação está em nível de deterioração baixo, o que requer somente manutenções preventivas.

Em seguida serão exibidos os croquis com o mapeamento das manifestações patológicas encontradas nas edificações conforme ilustram as Figuras 3 e 4.

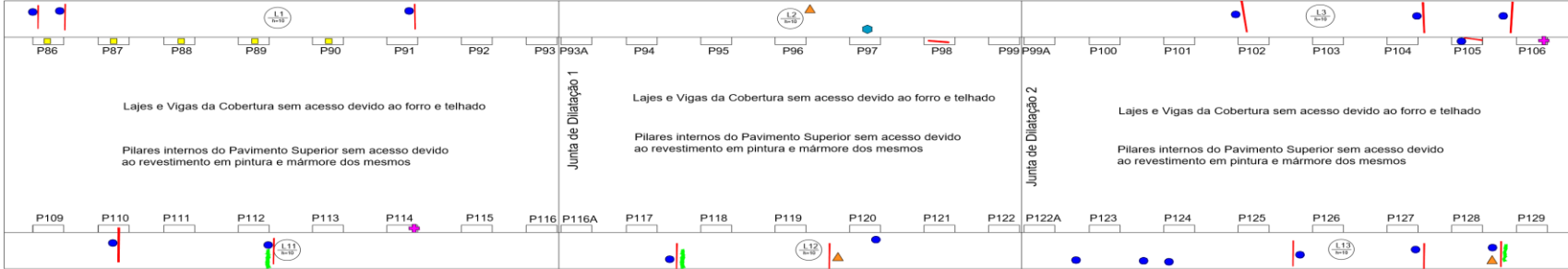
Na Figura 3, que contempla o mapeamento visual das manifestações patológicas do Pavilhão de Comando, foi verificado que as estruturas foram bem executadas no período de sua construção e que as manifestações patológicas encontradas são decorrentes da falta de manutenção, em especial da falta de sistema de impermeabilização das lajes em balanço. Nas Lajes do 1º piso, as Lajes L1 e L20 são as que apresentaram maior estado de degradação e constatou-se a existência de carbonatação, cobrimento deficiente, corrosão de armaduras, esfoliação, fissuras e infiltrações.

Figura 3 – Croqui com o mapeamento das manifestações patológicas no Pavilhão de Comando

Pilares e Lajes - Pavilhão de Comando - PAV TÉRREO



Pilares e Lajes - Pavilhão de Comando - PAV SUPERIOR

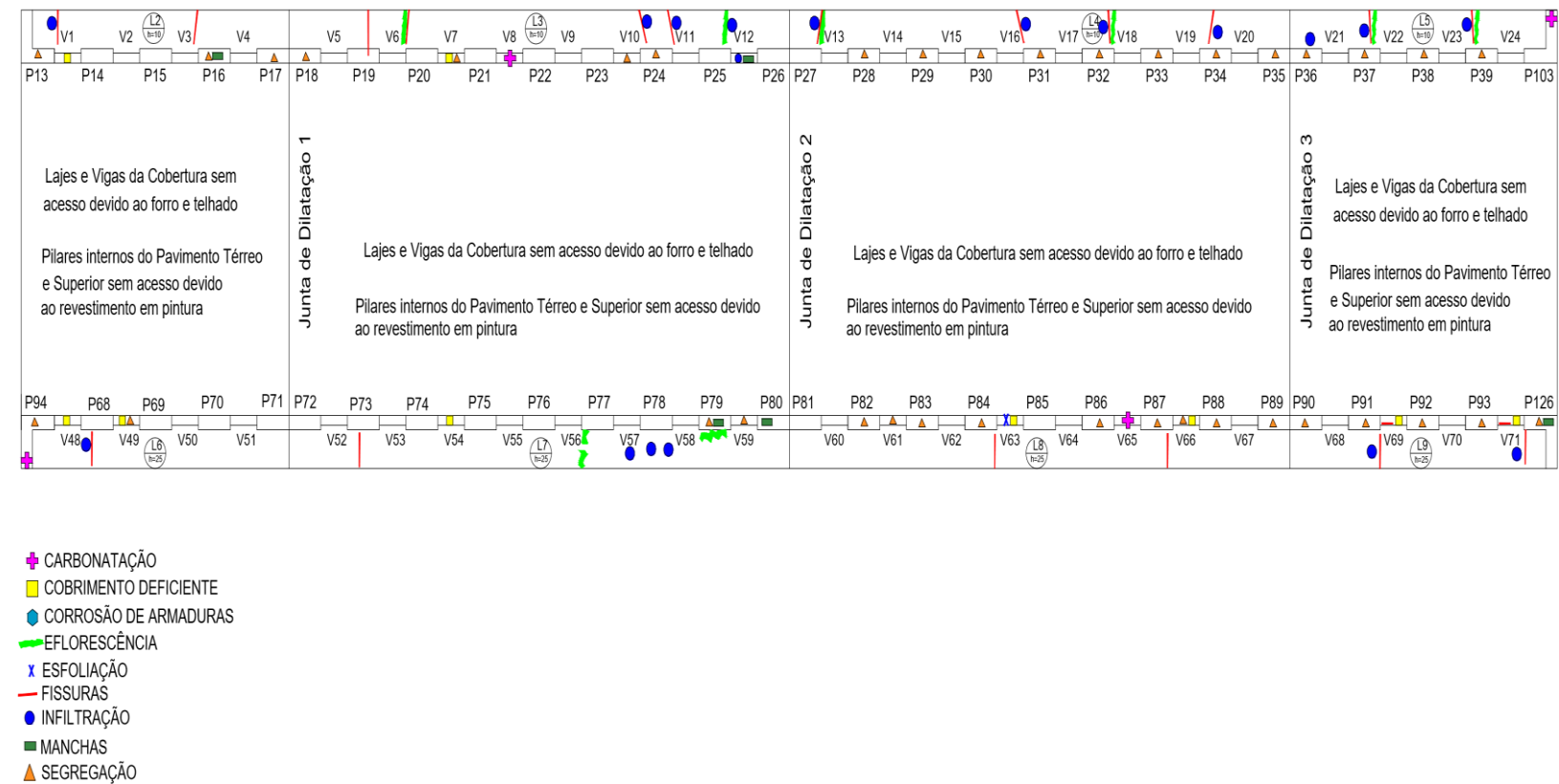


- ✦ CARBONATAÇÃO
- COBRIMENTO DEFICIENTE
- CORROSÃO DE ARMADURAS
- EFLORESCÊNCIA
- ✖ ESFOLIAÇÃO
- FISSURAS
- INFILTRAÇÃO
- MANCHAS
- ▲ SEGREGAÇÃO

Fonte: Autor.

Figura 4 – Croqui com o mapeamento das manifestações patológicas no Pavilhão Administrativo

Pilares, Vigas e Lajes - Pavimento Térreo e Superior - Pavilhão ADM



Fonte: autor



No mapeamento realizado no Pavilhão Administrativo, ilustrado pela Figura 4, a exemplo da outra edificação, verificou-se que as estruturas também foram bem executadas no período de sua construção e que embora o estado de degradação seja baixo, existem várias manifestações patológicas em estado inicial e que em pouco período de tempo podem potencializar seus sintomas. Nos elementos desta edificação os principais sintomas encontrados foram a carbonatação, fissuras, infiltração e segregação.

4.3 Carbonatação

Como o ensaio de carbonatação foi o único ensaio destrutivo realizado os valores aferidos serão apresentados na Tabela 13, foram analisados quatro elementos no Pavilhão de comando, sendo duas lajes (L4 e L18) e dois pilares (P106 e P114), no Pavilhão Administrativo também foram quatro os elementos inspecionados sendo dois pilares (P94 e P103) e duas vigas (V8 e V65).

Tabela 13 – Ensaio de Carbonatação e verificação de Cobrimento

ENSAIO DE CARBONATAÇÃO				
Local	PAVILHÃO DE COMANDO			
Elementos Inspeccionados	LAJE 4	LAJE 18	PILAR 106	PILAR 114
Profundidade da Carbonatação (cm)	1,50	1,50	2,00	2,50
Local	PAVILHÃO ADMINISTRATIVO			
Elementos Inspeccionados	PILAR 94	PILAR 103	VIGA 8	VIGA 65
Profundidade da Carbonatação (cm)	1,50	1,00	1,50	2,00

Fonte: Autor.

Na execução do ensaio verificou-se que a frente de carbonatação não penetrou significativamente nas lajes e pilares, porém nas vigas, a frente de carbonatação já chegou até as armaduras conforme pode ser visualizado nas Figuras 4 e 5.

**Figura 5** – Ensaio de carbonatação no Pilar 103



Fonte: Autor

**Figura 6** – Ensaio de carbonatação na Viga 65



Fonte: Autor

Não foi possível encontrar as armaduras das lajes e pilares quando os elementos foram escarificados para realização do ensaio de carbonatação, foram feitas aberturas nestes elementos de aproximadamente 3 a 4 centímetros de profundidade.

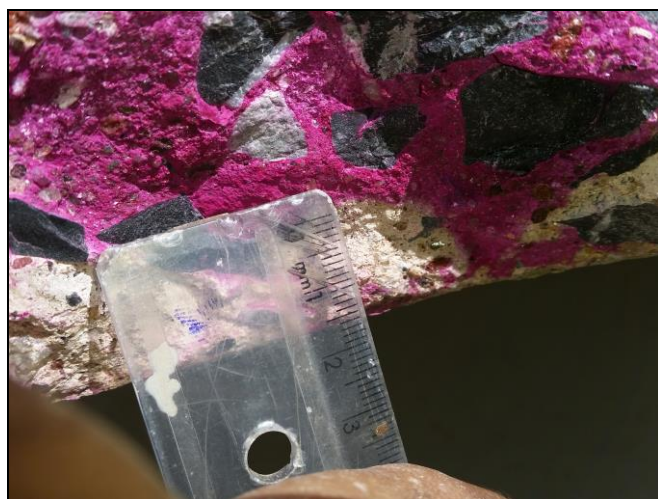
Depois de apresentados os graus de deterioração das estruturas das duas edificações, uma análise para determinação de qual das estruturas está em processo

deterioração mais avançada fica facilitada, a estrutura da edificação que apresentou um maior grau de deterioração da estrutura (*Gd*) foi o Pavilhão de Comando com um valor de 30,48, neste foram observadas a existência de patologias em estado avançado, tais patologias devem ser tratados num prazo máximo de 2 anos afim de se garantir a utilização da edificação e segurança dos usuários. No Pavilhão Administrativo as patologias encontradas apresentaram intensidades relativamente menores que as encontradas no Pavilhão de Comando, o que faz com que ele esteja em estado de deterioração aceitável e sua utilização não está comprometida.

Com o objetivo de demonstrar e justificar os fatores de intensidade atribuídos nos elementos neste estudo, a Figura 7 até a Figura 12 apresentam fotografias dos elementos que apresentaram maiores danos com seus respectivos fatores de intensidade.

### **Fotografias dos Danos e Fatores de Intensidade Atribuídos na Inspeção**

**Figura 7** – Carbonatação Laje 4 – 1º Piso – Pav. Comando



Fi=1

**Figura 8** – Corrosão de armadura Laje 1 – 1º Piso Pav. Comando



Fi=3

**Figura 9** – Infiltração Laje 7 – Cobertura – Pav. Administrativo



Fi=2

**Figura 10** – Eflorescência Laje 7 – Cobertura – Pav. Administrativo



Fi=2

**Figura 11** – Cobrimento deficiente Viga 63 – Pav. Administrativo



Fi=2

**Figura 12** – Fissura Laje 19 – 1º Piso – Pav. Comando



Fi=1

## 5 CONCLUSÃO

Frente à importância do concreto armado na vida das pessoas e engenharia civil atualmente é de suma importância que se tenha controle da durabilidade e vida útil das edificações, garantindo assim a utilização das estruturas sem colocar em risco seus usuários. Neste estudo, onde foi realizada a verificação dos graus de deterioração das estruturas de duas edificações, verificou-se que a estrutura que estava mais comprometida era a da edificação do Pavilhão de Comando, fato que indica que a estrutura está em nível de deterioração médio e requer manutenção corretiva no máximo em 2 anos conforme prevê o método. Tais conclusões foram possíveis através da utilização da Metodologia GDE, que verifica o grau de dano das estruturas. Esta ferramenta demonstrou ser confiável e bem elaborada, requerendo pequenos ajustes.

Embora as duas edificações sejam de concreto armado e estejam próximas uma da outra, apresentaram diferentes graus de deterioração das estruturas. Tal fato pode ser justificado pela espessura dos elementos, sendo que no Pavilhão Administrativo as lajes em balanço do beiral da cobertura possuem 25 centímetros de espessura e no Pavilhão de Comando as lajes têm 10 centímetros de espessura o

que garante que a estrutura do Pavilhão Administrativo seja menos esbelta que a estrutura do Pavilhão de Comando.

Os elementos que possuem 10 centímetros de espessura são mais vulneráveis a fissuras e consequentemente infiltrações. É importante ressaltar que durante a inspeção foi verificado que todas as lajes analisadas apresentam sistemas de impermeabilização degradados e em alguns casos nem apresentam qualquer tipo de proteção, o que coloca as estruturas expostas a agentes externos, acelerando o processo de degradação da estrutura de concreto armado.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**. Edificações habitacionais — Desempenho, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, 2014.

AECWEB. **O portal da Arquitetura, engenharia e construção**. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/patologias-do-concreto\\_6160\\_10\\_0](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/patologias-do-concreto_6160_10_0)>. Acesso em: 25 maio 2017.

ANDRADE, J. J. O. **Durabilidade das estruturas de concreto armado**: Análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 148p, 1997.

ANDRADE, J. J. O. **Contribuição à previsão da vida útil das estruturas de concreto armado atacadas pela corrosão de armaduras**: iniciação por cloretos. Exame de Qualificação de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 63p, maio 2000.

ANGELO, A. M. V. **Análise das Patologias das Estruturas em Concreto Armado do Estádio Magalhães Pinto – Mineirão**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, 2004.

AZEVEDO, M. T. Patologia das Estruturas de Concreto. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Concreto – Ciência e Tecnologia**. v.2; São Paulo, 2011, p. 1095-1128.

BOLDO, P. **Avaliação Quantitativa de Estruturas de Concreto Armado de Edificações no Âmbito do Exército Brasileiro**. 295f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2002.

CÁNOVAS, M.F. **Patologia e terapia do concreto armado**. São Paulo: Editora Pini, 1988, 522p.



CASTRO, E. K. **Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 185p, dezembro 1994.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de Patologias e suas Causas nas Estruturas de Concreto Armado de Obras de Edificações**. Projeto de Graduação (Monografia). Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2015.

HELENE, P. R. L. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1997.

HELENE, P. R. L. **Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto**. WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES. São José dos Campos, 2001.

KLEIN, D. et al. **Critérios adotados na vistoria e avaliação de obras de arte**. XXV Jornadas Sul Americanas de Engenharia Estrutural, Anais, p 185-196, Porto Alegre novembro 1991.

LAPA, José Silva. **Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto**. Monografia (Especialização). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, 2008.

LOPES, B.A.R. **Sistema de manutenção estrutural para grandes estoques de edificações: Estudo para inclusão do componente Estrutura do Concreto**. Dissertação de Mestrado em Estruturas, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 308p, setembro 1998.

PALERMO, G. Geometria do concreto durável. **Revista Técnica**, n.5, p. 33-38, jul./ago. 1993.

PIANCASTELLI, E.M. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado** - Apostila para Curso de Extensão Ed. Depto. Estruturas da EEUFMG - 160p, 1997.

SILVA, T. J. **Predicción de la vida útil de forjados unidireccionales de hormigón mediante modelos matemáticos de deterioro**, Tese de Doutorado, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 300p. janeiro 1998.

SITTER, W.R. **Costs for service life optimization, the Law of Fives**. CEB – RILEM, Internacional Workshop, Copenhagen, p130-134, Maio 1983.

TUTHILL, L.H. **Long service life of concrete**. Concrete International, v. 13, n. 7, ACI, p.15-17, July 1991.

TUUTTI, K. **Corrosion Steel in Concrete**. Swedish Cement and Concrete Research Institute, p. 469, 1982.



# ANÁLISE, DIAGNÓSTICO E METODOLOGIA DE REPARO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS: ESTUDO DE CASO EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL NA CIDADE DE GUARUJÁ-SP

## ANALYSIS, DIAGNOSIS AND METHODOLOGY OF REPARATION OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN FACADES: CASE STUDY IN RESIDENTIAL CONDOMINIUM IN THE CITY OF GUARUJÁ-SP

Guilherme Gonzaga Pereira<sup>1</sup>  
Nielsen José Dias Alves

### RESUMO

As fachadas necessitam de manutenções periódicas após a sua confecção, porém, durante sua fase de projetos, quando é realizado, os problemas começam a se evidenciar. Erros de projetos, execução e falhas de manutenções são frequentes quando o assunto é: fachadas de edificações. O estudo realizou-se em um condomínio residencial, onde apresentou manifestações patológicas relacionadas à deslocamentos do revestimento argamassado e cerâmico e de corrosão das armaduras do concreto armado. Este trabalho tem como objetivo identificar as manifestações patológicas e a prescrição de um método de reparo para sanar o problema identificado. Para obter o resultado da análise, foram realizadas inspeções visuais com registros fotográficos, testes *in loco* e coletas de testemunhos para provação laboratorial e visitas periódicas. Através dos resultados obtidos, concluiu-se que a principal causa das manifestações patológicas apresentadas no local está

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UnICEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu*, sob orientação do Prof. MSc. Nielsen José Dias Alves

relacionada aos problemas de projeto, execução e contaminação de cloretos no traço do revestimento argamassado.

**Palavras-chave:** Manifestações Patológicas. Fachada. Corrosão. Revestimento. Cloretos.

## ABSTRACT

The facades need periodic maintenance after their manufacture, but during their design phase, when it is done, the problems begin to appear. Project errors, execution and maintenance failures are frequent when the subject is: facades of buildings. The study was carried out in a residential condominium, where it presented pathological manifestations related to the displacement of the ceramic and mortar coating and the corrosion of reinforced concrete reinforcement. This work aims to identify the pathological manifestations and the prescription of a repair method to remedy the identified problem. To obtain the result of the analysis, visual inspections with photographic records, on-site tests and testimony collections were carried out for laboratory testing and periodic visits. It was concluded that the main cause of the pathological manifestations presented in the site is related to the problems of design, execution and contamination of chlorides in the trace of the mortar.

**Keywords:** Pathological Manifestations. Facade. Corrosion. Coating. Chlorides.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Possan e Demoliner (2013), degradação precoce das edificações, e a consequente redução de desempenho, é um problema frequente em todo o mundo. Esta degradação ocorre pelo envelhecimento precoce das mesmas, que é desencadeado entre outras causas pela qualidade inferior dos materiais de construção utilizados, por problemas de projeto e execução e falta de manutenção.

Segundo Cerqueira (2018) e Silva (2014), o surgimento de manifestações patológicas nas fachadas tem se destacado neste cenário, já que as fachadas das edificações, muito além da função estética, constituem a envoltória vertical de proteção das edificações atuando como a primeira barreira para os diferentes tipos de solicitações causadas por esforços externos e internos.

Para Bauer (2015), as edificações estão sujeitas a movimentações diferenciadas causadas por tensões mecânicas, tensões térmicas, fadiga, choque térmico, expansão por umidade (elementos cerâmicos), infiltrações, esforços

higrotérmicos, dentre outros fenômenos, podendo afetá-las de forma global ou em suas partes.

Os fatores de degradação, segundo Bauer e De Silva (1998) resultantes do clima, tais como incidência de chuva, variações de umidade relativa e temperatura, interferem nas condições específicas de exposição das edificações, pois, estes afetam também a degradação dos materiais.

Como ressalta Araújo (2010), em função da alta agressividade, há uma constante preocupação quanto à durabilidade das estruturas de concreto no ambiente marinho. Considerando que a deterioração da estrutura pode ocorrer em curto intervalo de tempo, a estratégia mais apropriada para este ambiente seria adotar um concreto de qualidade e também uma proteção.

Em todo país, torna-se cultural o uso revestimento cerâmico em fachadas. Em regiões marinhas, não são dados os devidos cuidados referentes aos ataques que possam sofrer pela região em que se encontram. Por isso, os números de casos de aparecimento de manifestações patológicas referente ao deslocamento de revestimento ou devido à corrosão das armaduras e massas metálicas, tornam-se frequentes.

Segundo Lima e Lencioni (2015), o ambiente marinho é reconhecidamente agressivo ao local construído. A influência do ambiente marinho na durabilidade das construções depende do micro-clima no qual a construção se encontra, podendo para cada um deles atuar de forma específica, com reações de degradação características.

Os objetivos deste trabalho são: analisar as causas dos problemas relacionados à fachada da edificação, como principal anomalia os deslocamentos dos revestimentos e corrosão das armaduras, considerando as possíveis causas, identificando as principais manifestações patológicas para identificar o diagnóstico correto para a edificação, levando em consideração a presença de ambiente agressivo.

Para alcançar estes objetivos, procedeu-se, primeiramente com a análise visual e registros fotográficos de toda edificação, seguindo para o ensaio de Teste de

Percussão, em seguida realizou-se o Teste de Resistência de Aderência à Tração e a remoção de amostras laboratoriais do Ensaio de Teor de Cloretos (Cl-)

O seguinte trabalho foi estruturado nas seguintes seções: na seção dois apresentam-se a descrição da edificação, com suas principais características construtivas, a seção três mostra a localidade da edificação, um critério importante para este estudo de caso, pois sua localidade geram anomalias e consequências importantes relatadas, na seção quatro apresenta-se como metodologia de inspeção, uma síntese dos ensaios e como a inspeção foi dirigida, na quinta seção são apresentados os resultados da pesquisa, onde engloba os resultados e análises dos ensaios executados realizados *in loco* na edificação. Nesta seção mostra como foram conduzidos os ensaios de Resistência de Aderência à Tração, Ensaio de Percussão e o ensaio laboratorial de Teor de Cloretos (Cl-), principais ensaios para o diagnóstico da edificação em estudo que tem como consequência a metodologia de reparo para sanar os problemas elencados de uma forma fácil, correta e econômica.

## 2 DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO

- Residencial Condomínio Brasil 70;
- Quantidade de torres:1;
- Pavimentos: 15 pavimentos tipo, 1pavimento térreo, 1 subsolo e 1 ático;
- Estrutura em concreto armado;
- Revestimento cerâmico nas fachadas laterais e frontal com pastilhas de porcelana e fachada e fachada posterior com revestimento argamassado e pintura.

## 3 LOCALIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

A edificação analisada fica situada na cidade de Guarujá, no litoral do estado de São Paulo, especificamente na Rua Brasil – Barra Funda.

**Figura 1** – Localização do Condomínio Residencial Brasil 70.



Fonte: Google Street View

**Figura 2** – Vista geral do Condomínio Residencial Brasil 70 (fachada posterior).



Fonte: Acervo pessoal.

## 4 METODOLOGIA DE INSPEÇÃO

Nas constatações das manifestações patológicas presentes na edificação, foram utilizados 4 (quatro) métodos de verificações diferentes. Primeiramente, iniciou-se a inspeção com verificação visual com relatos fotográficos, para registros das trincas e fissuras, deslocamento do revestimento argamassado e cerâmico, ausências de juntas de dilatação, movimentação e dessolidarização, eflorescências e possíveis flambagens das peças cerâmicas.

Após, realizou-se o ensaio de Percussão, onde consistiu na descida de profissionais com rapel por toda área das fachadas, identificando os locais que apresentaram deslocamentos, por deficiência na aderência do reboco e também devido a corrosão da armadura.

A etapa seguinte consistiu na realização de ensaios de resistência de aderência à tração, seguindo os conceitos que preconiza a NBR 13528 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração e NBR 13755 – Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimentos.

Após a execução dos procedimentos citados realizados e para finalização do processo de coleta de dados, efetuou-se o ensaio de Teor de Cloretos, com auxílio das prescrições presentes na NBR 12655 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Onde, consistiu na coleta de amostras da argamassa usada em todas as fachadas da edificação.

Posteriormente aos ensaios e inspeção visual realizada, possibilitou a definição das razões dos surgimentos das manifestações patológicas na edificação e definição do método recomendado para a solução das anomalias presentes.

## 5 ANÁLISE E RESULTADOS

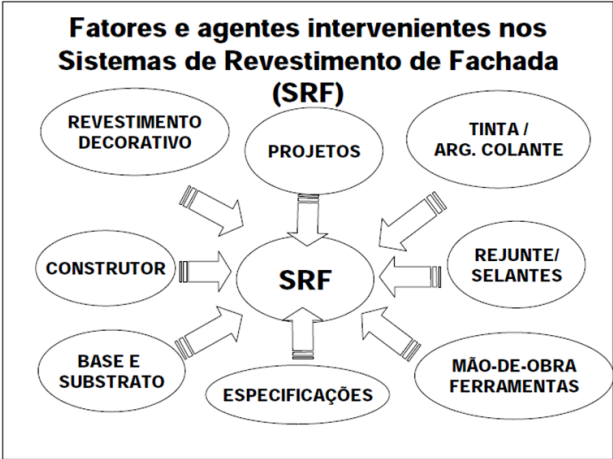
### 5.1 Histórico

De acordo como síndico do Condomínio e com o funcionário com mais tempo de atividade, a edificação possui cerca de 50 anos, sendo o 4º prédio construído na cidade de Guarujá-SP.

A edificação já passou por reparos na fachada ao longo do tempo. De acordo com os entrevistados, os reparos consistiram em serviços pontuais nos locais em que houve deslocamento total do revestimento, executando o reparo através da troca do revestimento argamassado e cerâmico e aplicação de argamassa polimérica nas armaduras que apresentou corrosão com substituição da mesma em caso grave de corrosão.

No mês de dezembro de 2018, o síndico solicitou aos moradores a realização de uma Assembléia Geral, para tratar da reforma das fachadas da edificação, onde ficou decidido que as cores da fachada tinham que ser mantidas e a execução de reparos da fachada de acordo com propostas de empresas terceirizadas e com o orçamento do Condomínio.

Figura 3 – Fatores e agentes intervenientes no SRF



Fonte: CCET – UEG-Go

## 5.2 Análise Visual

A análise visual na metodologia empregada baseou-se, na avaliação das mesmas com intuito de identificar áreas deterioradas. Em todas as fachadas, evidenciou-se a presença de trincas e fissuras referentes às falhas de aderência do revestimento e por corrosão das armaduras.

Notou-se que nas fachadas da edificação não existem juntas de movimentação e dessolidarização na fachada da edificação, tanto no sentido vertical quando no sentido horizontal. No projeto, a localização das juntas de movimentação horizontais e verticais tem como ponto mais favorável (ideal) a interface base da viga/alvenaria e pilar/alvenaria e em locais de mudança direcional de planos do revestimento, respectivamente.

De acordo com Paladini (2015) a junta de movimentação pode ser definida como uma separação entre duas partes da estrutura, para que essas possam deformar-se livremente, permitindo assim as movimentações da edificação, que de acordo com Ribeiro e Barros (2010) podem ser causadas por: variação térmica, expansão hidráulica, pelas vibrações do edifício (vento, cargas dinâmicas, vibrações externas como carros) ou pela retração do revestimento.

**Figura 4 e 5** – Deslocamento do sistema argamassado e ausência de junta de movimentação e ausência de juntas de movimentação.



Fonte: Acervo Pessoal



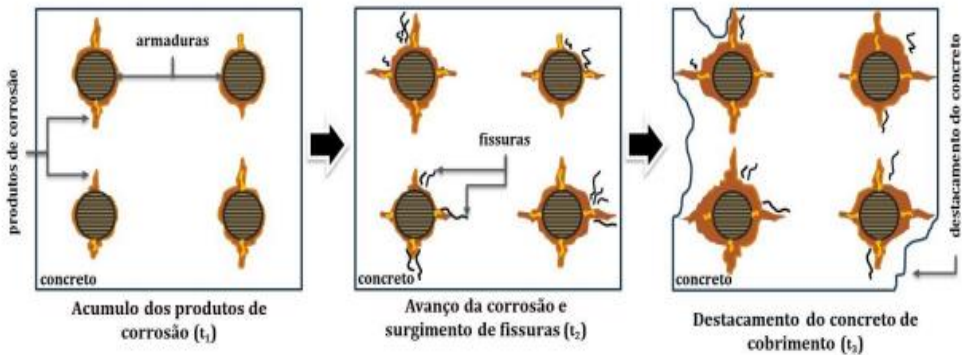
Figura 6 e 7. – Ausência de juntas e movimentação e deslocamento do revestimento



Fonte: Acervo Pessoal

No revestimento da fachada, observou-se a presença de trincas e fissuras nos locais onde se localizam as peças estruturais da edificação, como: vigas e pilares. As anomalias ocorrem devido ao surgimento da corrosão, onde haverá uma expansão da armadura, ocasionando o surgimento de trincas, fissuras e redução da aderência do aço ao concreto. A corrosão ocorre primeiramente devido a penetração de agentes agressivos, após a formação da ferrugem ocasionando a expansão do aço e o surgimento de fissuras, posteriormente a fragmentação do concreto seguido de redução da seção do aço, deixando a armadura exposta ao meio ambiente. As figuras 5 a 10 ilustra as partes do processo.

Figura 8 – Processo de corrosão da armadura



Fonte: Revista ALCONPAT, Volumen 8, Número 1 (enero – abril 2018)

**Figura 9 e 10** – Deslocamento e corrosão da armadura e fissuras causadas pela expansão do aço.



Fonte: Acervo Pessoal

**Figura 11 e 12** – Fissuras causadas pela expansão do aço e deslocamento e corrosão do aço



Fonte: Acervo Pessoal

**Figura 13** – Desplacamento e perda da seção do aço.



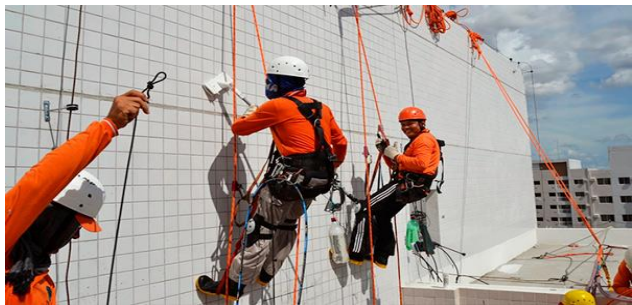
Fonte: Acervo Pessoal

### 5.3 Teste de Percussão

Ainda durante as inspeções visuais, executou-se o Teste de Percussão. Onde consiste na descida de profissionais com rapel em “cadeirinhas”. O processo do ensaio iniciou-se desde a cobertura da edificação até o térreo, para que a execução seja realizada por toda superfície de revestimentos, onde consistiu no mapeamento das áreas com emissão de som cavo.

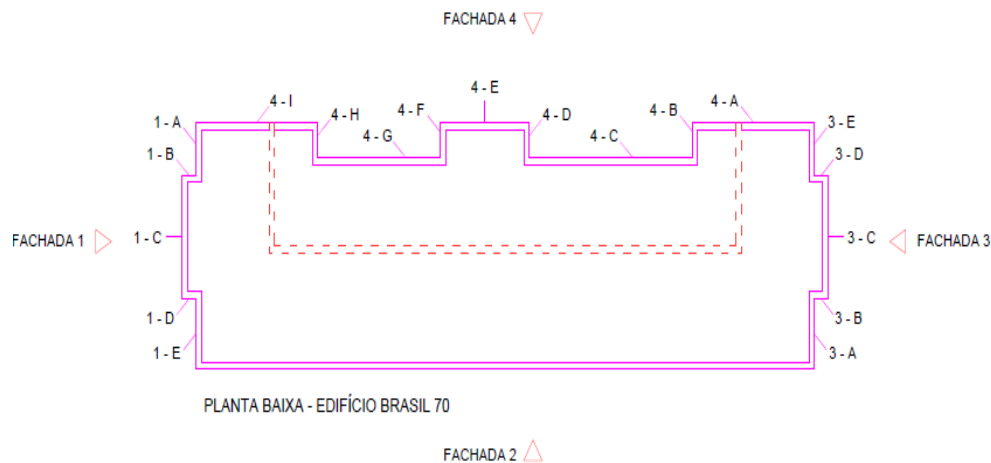
Durante a descida, portando um martelo pena de 100g e golpeando o revestimento para identificação do deslocamento do mesmo. Através do som obtido proveniente dos golpes executados, o som cavo indicou a falta de aderência do revestimento argamassado e também de expansão das armaduras metálicas proveniente da ação de corrosão. O registro foi realizado através de marcação com giz de cera na fachada, sendo utilizado as cores azul (para deslocamento relacionado ao reboco) e vermelho (para deslocamento relacionado a expansão do aço/corrosão). Após a marcação *in loco*, os registros de marcações foram repassados para as plantas confeccionadas no AutoCAD.

Figura 14 – Execução do teste de percussão.



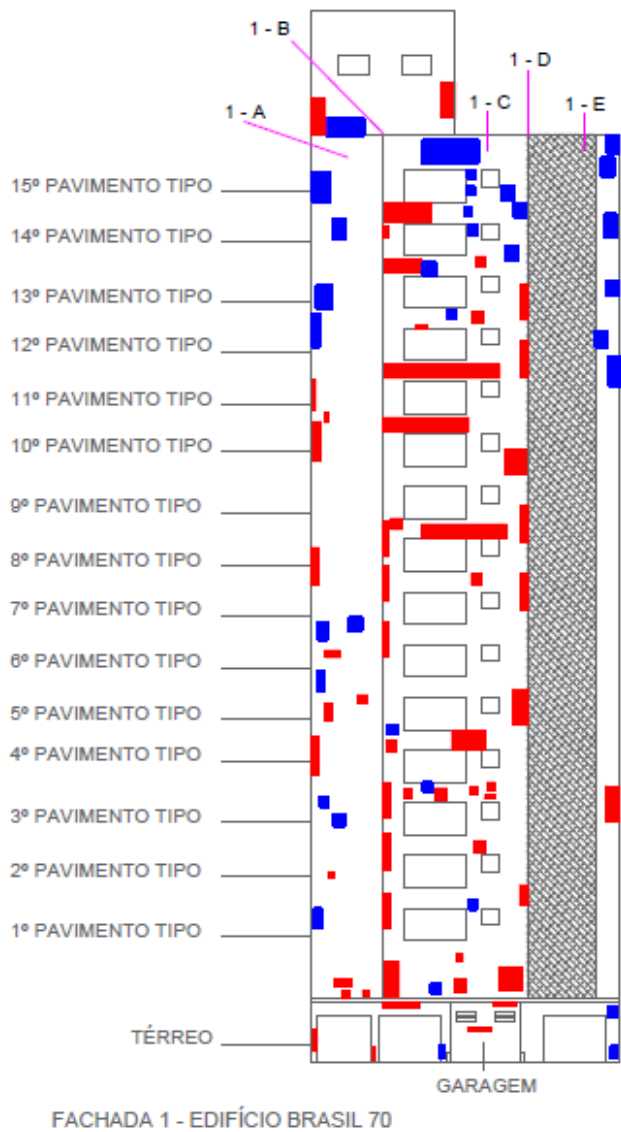
Fonte: OCB Pinturas

Figura 15 – Croqui da planta de cobertura



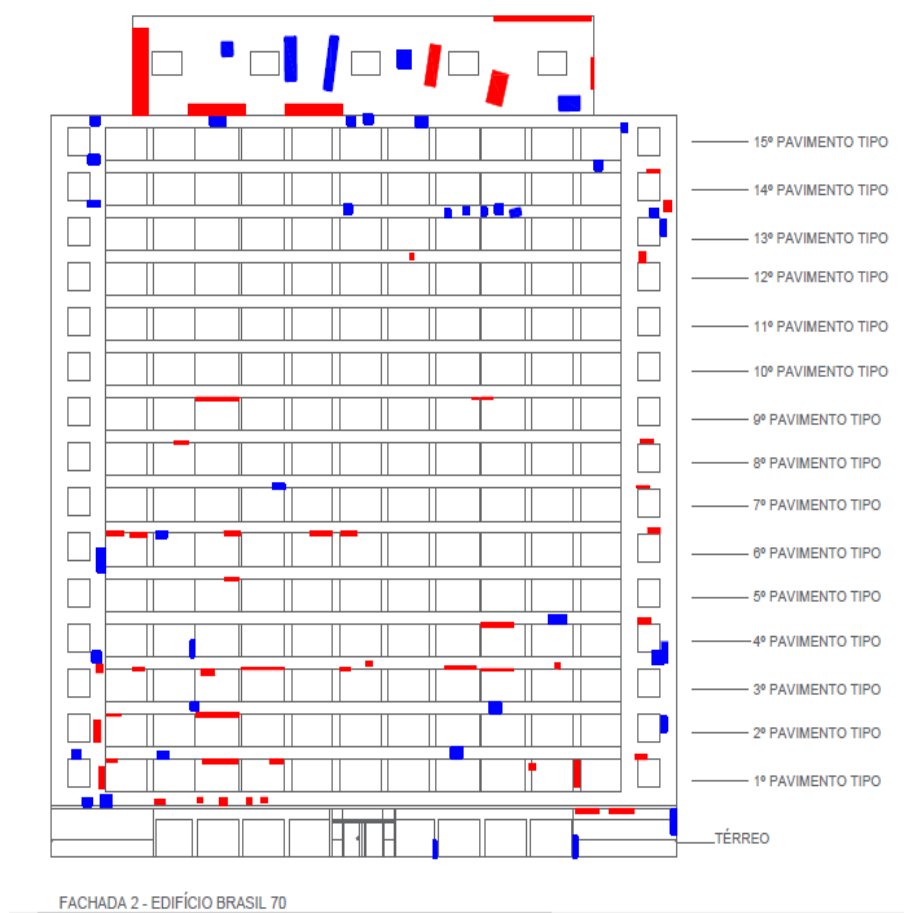
Fonte: Acervo Pessoal

Figura 16 – Mapeamento da fachada 1 (lateral esquerda).



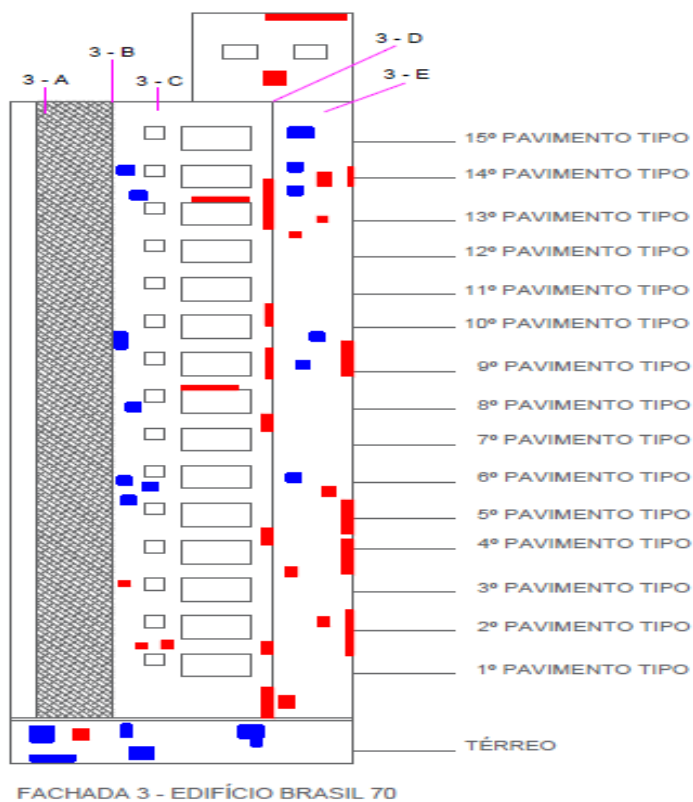
Fonte: Acervo Pessoal

Figura 17 – Mapeamento da fachada 2 (fachada frontal).



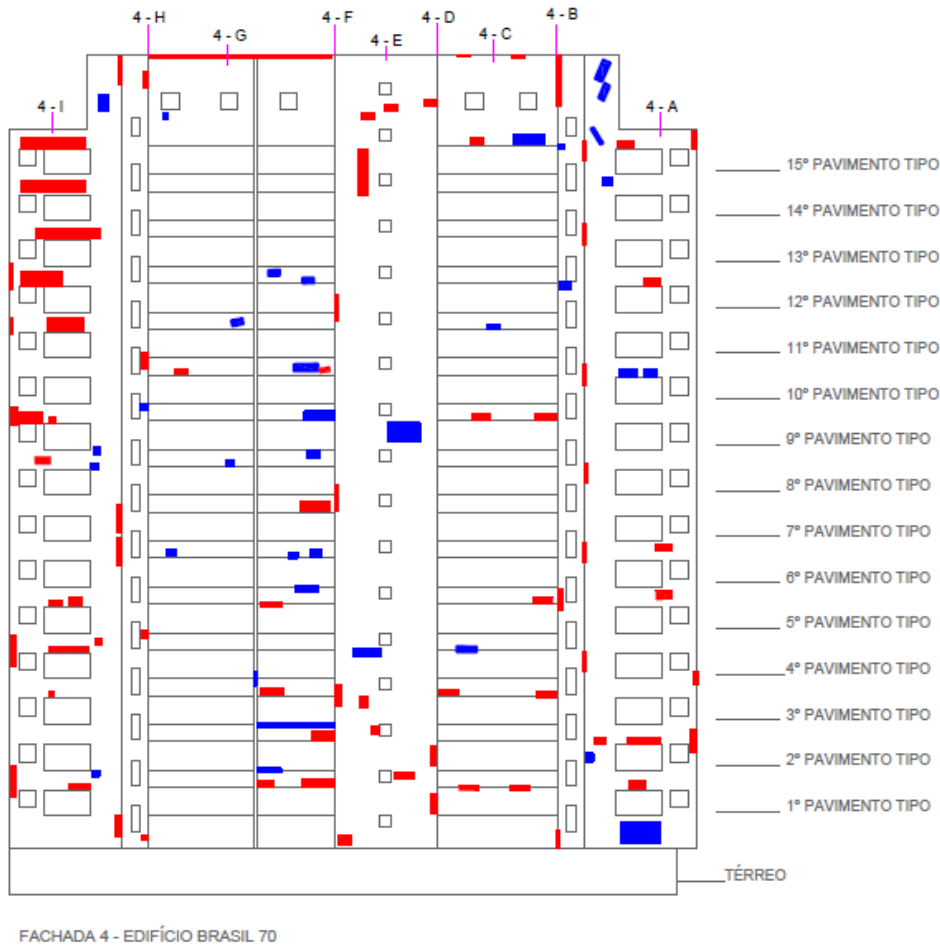
Fonte: Acervo Pessoal

**Figura 18 – Mapeamento da fachada 3 (lateral direita).**



Fonte: Acervo Pessoal

Figura 19 – Mapeamento da fachada 4 (fachada posterior).



Fonte: Acervo Pessoal

### 5.4 Ensaios de Resistência de Aderência à Tração

O ensaio foi elaborado *in loco* e em todas as fachadas da edificação (posterior, frontal e laterais), na altura do primeiro pavimento, onde foi usado como padrão de execução a norma da ABNT NBR 13528:2010 (Revestimento de parede de argamassa inorgânica – Determinação da resistência de aderência à tração). A finalidade do ensaio foi para determinar se o revestimento argamassado da fachada



estava bem aderido ao substrato, em vista aos grandes problemas relacionados aos deslocamentos.

O equipamento utilizado no ensaio, foi o Proseq dy-225 com 12 corpos-de-prova metálicos em formato circular com diâmetro de 5 cm. Para os cortes no revestimento, utilizou-se furadeira acoplada com serra copo diamantada de 50mm de diâmetro. Em todas as fachadas realizou-se a coleta de resultados de 12 corpos-de-prova por amostragem, com o corte até o substrato e uso de cola epóxi para fixação dos corpos-de-prova metálicos no revestimento.

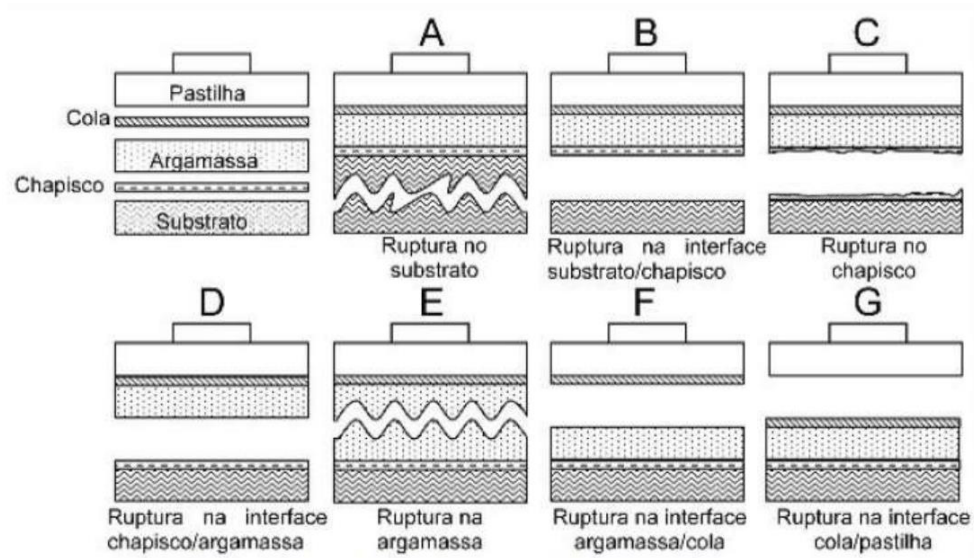
**Figura 20** – Equipamento utilizado para o ensaio de resistência de aderência à tração.



Fonte: <http://www.directindustry.com/pt/prod/proceq/product-7242-1064015.html>

Para a coleta dos resultados, primeiramente realizou-se o ensaio na fachada posterior (sem presença de revestimento cerâmico), onde foi observado que antes da pintura, havia sido realizado a aplicação de massa PVC para regularização, com espessura de aproximadamente 1mm e que essa massa estava atrapalhando a realização completa do ensaio, haja vista que o rompimento na interface massa/reboco foi causado pelo peso próprio da pastilha metálica utilizada. A massa PVC foi removida de todos os corpos-de-prova para a realização completa do ensaio, como preconiza a norma.

Figura 21 – Tipos de ruptura sem o uso de chapisco.



Fonte: ABNT NBR 13528:2010 (Revestimento de parede de argamassa inorgânica – Determinação da resistência de aderência à tração)

Figura 22 – Colagens das pastilhas para realização do ensaio de resistência de aderência á tração.



Fonte: Acervo Pessoal

Para as fachadas laterais e frontal (com presença de revestimento cerâmico), primeiramente realizou-se a limpeza do local e logo em seguida a realização do arrancamento com o equipamento apropriado.

Como resultado, todas as fachadas foram reprovadas perante ao valor referido na norma ABNT NBR 13528:2010 (Revestimento de parede de argamassa inorgânica – Determinação da resistência de aderência à tração), onde diz que para fachadas externas o valor mínimo obtido teria que ser igual ou superior a 0,3Mpa. Os resultados do ensaio seguem no Anexo 1.

Através dos corpos-de-prova extraídos no ensaio de resistência de aderência à tração, foi possível identificar que o reboco das fachadas tem espessura superior ao preconizado na ABNT NBR 13749:2013(Revestimento de paredes e tetos de argamassas Inorgânicas - Especificação), onde seu valor médio estava entorno de 4,3 cm e a norma diz que para reboco externo este valor teria que ser entre 2 e 3cm e também que não foi utilizado telas metálicas nos locais de trocas de materiais, como: a interface de alvenaria/estrutura e uso de chapisco para melhorar a aderência do revestimento argamassado ao substrato.

**Figura 23** – Espessura do reboco com 4,2cm.



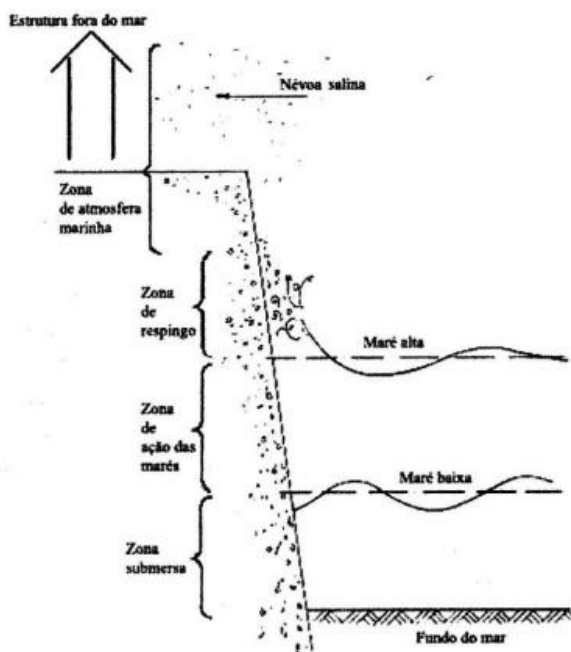
Fonte: Acervo Pessoal

## 5.5 Ensaio laboratorial de Teor de Cloretos (Cl-)

Para Carmona (1998) o íon de cloreto é um dos principais agentes agressivos no processo corrosivo, sendo capaz de provocar corrosão generalizada das armaduras, assim como a corrosão localizada com a formação de pites.

Devido à localização da edificação, cerca de 100m do banco de areia da praia e pela entrevista realizada como o síndico da edificação, foi salientado que havia suspeita de que a empresa que realizou a construção da edificação fez o uso de areia contaminada com sal no traço do reboco para o revestimento de fachada. Diante do fato relatado e dos resultados do teste de resistência de aderência à tração ter sido inferior ao recomendado, foram retirados testemunhos da argamassa usada no revestimento e levado ao laboratório para a realização do Ensaio de Cromatógrafo de íons, Método Smeww, 22ª Edição, APHA 2012, 4110 B.

Figura 24 – Ação do ataque de cloretos até a edificação.



Fonte: (CEB – FIP, BULLETIN 183, 1992)

Para execução do ensaio, retiraram-se duas amostras, sendo uma da fachada lateral esquerda (frente ao mar) e uma da fachada posterior (fachada com os piores resultados de resistência de aderência à tração). As amostras constituíram-se em fragmentos do primeiro, segundo e terceiro centímetro de profundidade do revestimento argamassado, para então saber se a contaminação foi devido a maresia ou se usou o traço de reboco com areia contaminada de cloretos.

De acordo com Mangat, Molloy e Helene (1992), concluíram que o fator a/c (água/cimento) é um ponto importante para proteção da armadura do concreto armado, sendo esse valor de  $a/c \leq 0,45$  quando o consumo de  $m^3$  de cimento no concreto estiver variando entre 330 a 530  $kg/m^3$ .

Na norma ABNT NBR 6118:2014:2014 (Projeto de estruturas de concreto – Procedimento) não foi encontrada especificação do teor máximo de cloretos, então foi considerado os valores presentes na norma ABNT NBR 12655:2006, que permite o teor máximo de cloreto no concreto de 0,15% sobre a massa de cimento.

Após a análise laboratorial, os resultados obtidos foram calculados através do consumo de cimento. Como não há informações do traço utilizado pela construtora da edificação, considerou o consumo médio de cimento por  $m^3$  de 330kg, devido à falta de tecnologia e informações limitadas da época de construção.

Figura 25 – Resultados obtidos da fachada posterior e lateral direita, em partes por milhão.

PERÍCIA PREDIAL	
CONDOMÍNIO PARK STYLE	
RUA 25 SUL, LOTE 30	
9988/22Out18	
IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA:	
SOLO	
DETERMINAÇÕES ESPECIAIS (ppm)	
CLORETO	
IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA:	
POSTERIOR 1cm	7,48
POSTERIOR 2cm	17,30
POSTERIOR 3cm	8,91
LATERAL 1cm	13,10
LATERAL 2cm	28,00
LATERAL 3cm	20,00
ABERTURA: METODO MAPA, CAPITULO I, METODO 21.	
PESO: 1 g para 50 mL.	
ANÁLISE: CROMATOGRÁFO DE IONS, METODO SMEWW, 22ª EDIÇÃO, APHA 2012, 4110 B.	
Paulo Cesar	
PAULO CESAR V. FURTADO	
CRQ 12ª REGIÃO 12100079	

Fonte: Acervo pessoal

O cálculo realizado para o valor máximo de 0,15% de teor máximo de cloreto sobre a massa de cimento, a partir dos resultados apresentado na figura 25, considerando que em 1m³ de concreto possui aproximadamente 2600kg e consumo médio de cimento por m³ de 330kg, constituiu da seguinte forma:

Quantidade de Cl- por m³ de concreto = 1 quilos de concreto ----- Cl- em ppm

Kg de concreto por m³ ---- x

Considerando o valor de 330Kg por m³ de concreto, divide-se o valor obtido para a quantidade de Cl- por m³ pelo consumo de cimento por m³ de concreto, temos o seguinte resultado:

Para a fachada posterior com profundidade de 1cm, o valor foi de 0,0059%, para a profundidade de 2cm, o valor foi de 0,014% e para a profundidade de 3cm, o valor foi de 0,0068%. Para a fachada lateral direita (frente ao mar), o valor com profundidade de 1 cm foi de 0,10%, para a profundidade de 2cm, o valor foi de 0,022% e para a profundidade de 3cm, o valor foi de 0,015%.

Sendo assim, as fachadas estão dentro do limite de cloreto por  $\text{m}^3$  de concreto.

## 5.6 Metodologia de reparo da edificação

De acordo com os resultados obtidos pelo ensaio de Resistência de Aderência à Tração e pelo Teor de Cloretos (Cl-), a edificação necessita-se da troca total do revestimento argamassado e cerâmico juntamente com o tratamento indicado para os principais pontos de corrosão das armaduras. Todos os serviços a serem executados, devem ser realizados por empresas capacitadas e especializadas para cada frente de serviço, com auxílio de projetos.

Após a remoção de todo revestimento argamassado, inicia-se o processo de revitalização da fachada. O primeiro passo para a tomada de ações, será a remoção dos resíduos do revestimento argamassado antigo com o auxílio de escova de aço acoplada em furadeira e posteriormente a limpeza com hidrojateamento de alta pressão, deixando a alvenaria e peças estruturais aparentes.

**Figura 26 e 27** – Escova de aço e limpeza com hidrojateamento.

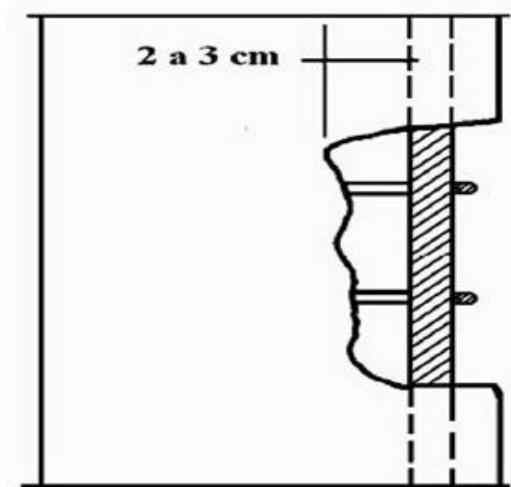


Fonte: Universo dos Parafusos e Vertical Extreme.

A recuperação das peças estruturais corroídas inicia-se pelo apicoamento do concreto nos locais onde foram delimitados pelo Teste de Percussão (Bate-fofo),

considerando Souza e Ripper (1998), o corte pode ser definido como sendo a remoção profunda de concreto degradado. Este processo tem como objetivo a remoção integral de todo concreto danificado, como também deixando amostra os locais afetados pela corrosão do aço. A profundidade do corte deverá ir além da armadura, por pelo menos 2cm ou o diâmetro das barras, facilitando o manuseio no processo de recuperação. Nas barras de aço, também deve ser removido o concreto até que atinja a parte de aço não corroída, para que toda peça afetada por corrosão seja recuperada. Portanto, em caso de degradação intensa, a peça afetada poderá ser escorada, respeitando os critérios de segurança.

**Figura 28** – Exemplo de corte do concreto – Profundidade de remoção.



Fonte: Patologia, Recuperação e Reforço de Estrutura de Concreto (1998).

Após a realização do apicoamento, o local a ser recuperado deve ser limpo, como auxílio de hidrojateamento para remoção de partículas soltas do concreto. Para as barras de aço, as mesmas devem ser limpas com escova de aço e posteriormente hidrojateadas, evidenciando com precisão os locais que serão recuperados ou as peças a serem substituídas.



**Figura 29** – Aparência final após remoção das áreas degradadas.



Fonte: <http://www.tecnicas.com.br/2016/11/11/condominio-edificio-monte-verde-guaruja-sp/>

Com o concreto e as barras de aço de toda edificação limpas, instaura-se o processo de recuperação estrutural com a verificação do estado final das armaduras que sofreram corrosão. De ordem, as barras de aço que perderam até 10% de sua massa, não se realizam reparos. As barras que perderam de 10 a 20% de sua massa, faz-se complementação, ou seja, considera-se que a armadura existente ainda é atuante e apenas complementa o que foi perdido e para as barras que perderam massa superior a 20%, ignora-se a barra existente e faz a ancoragem de nova barra com a seção original de projeto.

Os locais de ancoragem de novas barras, segue os parâmetros da ABNT NBR 6118:2014 para armadura longitudinal passiva por aderência. De acordo com Chrust (2014), a norma define como comprimento de reto de ancoragem básico ( $\ell_b$ ) aquele necessário para ancorar a força limite  $A_s \cdot F_{yd}$  em uma barra de diâmetro  $\emptyset$ , da armadura passiva, admitindo, ao longo desse comprimento, tensão de aderência uniforme e igual a  $F_{bd}$ . A equação 1 mostra o cálculo de  $\ell_b$ :

$$\ell_b = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{F_{yd}}{F_{bd}}$$

Onde,  $\emptyset$  é o diâmetro da barra,  $F_{yd}$  é a resistência de cálculo do aço e  $F_{bd}$  obtido pela equação 2:

$$F_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot F_{ctd}$$

Onde,  $\eta_1$  é o coeficiente obtido sendo 1 para barras lisas CA25, 1,4 para barras entalhadas CA60 e 2,25 para barras de alta aderência CA50. O coeficiente  $\eta_2$  é obtido com o valor de 1 para situações de boa aderência e 0,7 para situações de má aderência. O coeficiente  $\eta_3$  é obtido com o valor de 1 para  $\emptyset < 32\text{mm}$  e  $\eta_3 = \frac{132 - \emptyset}{100}$  para  $\emptyset > 32\text{mm}$ . O valor do  $F_{ctd}$  é obtido do resultado de:

$$F_{ctd} = \frac{0,21 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2}}{1,4}$$

Caso seja necessário a redução do comprimento de ancoragem, em situação onde a armadura existente é maior que a necessária calculada, o comprimento de ancoragem necessário é reduzido de acordo com a equação 3, baseado na ABNT NBR 6118:2014 e Chrust (2014):

$$\ell_{b, nsc} = \alpha_1 \cdot \ell_b \cdot \frac{A_{s, calc}}{A_{s, ef}} \geq \ell_{b, mín}$$

Onde,  $\alpha_1$  é o coeficiente obtido sendo 1 para barras em gancho e 0,7 para barras tracionadas com gancho e cobrimento no plano normal ao do gancho  $\geq 3 \cdot \emptyset$ .  $\ell_b$  dado pela equação 1,  $A_{s, calc}$  sendo a área de armadura calculada para resistir ao esforço solicitante,  $A_{s, ef}$  sendo a área de armadura efetiva (existente) e  $\ell_{b, mín}$  sendo o maior valor entre  $0,3 \cdot \ell_b$ ,  $10 \cdot \emptyset$  e 100 mm.

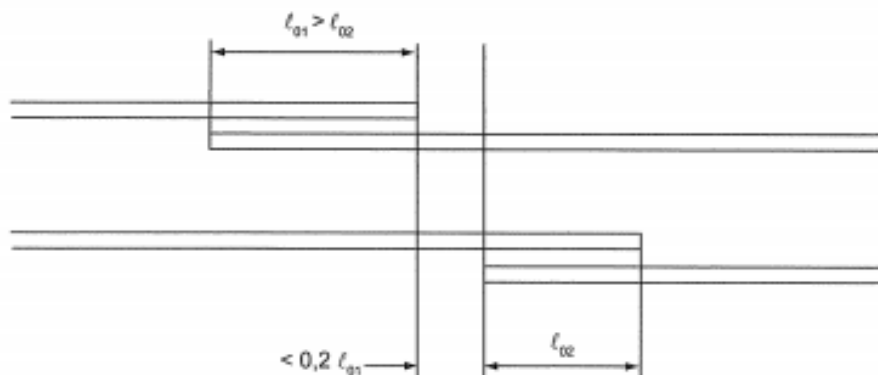
Nos locais onde serão necessárias as reposições das barras de estribos corroídas, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014, a ancoragem dos estribos deve necessariamente ser garantida por meio de ganchos ou barras longitudinais soldadas.

Os ganchos dos estribos podem ser:

1. Semicirculares ou em ângulo de  $45^\circ$  (interno), com ponta reta de comprimento igual a  $5 \varnothing t$  (diâmetro das barras de armadura transversal), porém não inferior a 5 cm;
2. em ângulo reto, com ponta reta de comprimento maior ou igual a  $10 \varnothing t$ , porém não inferior a 7 cm (este tipo de gancho não pode ser utilizado para barras e fios lisos).

Nos pontos onde o aço será complementado (traspasse), de acordo com a ABNT NBR 6118:2014 e Chrust (2014), há limitações à utilização das emendas por traspasse: não são permitidas para barras de bitola superior a 32mm. Do mesmo modo, caso seja necessário a realização de múltiplas emendas, há limitação no número de emendas de uma mesma seção. A norma ABNT NBR 6118:2014, diz que as emendas devem estar afastadas pelo menos 20% do comprimento do maior trecho de traspasse, e se houver barras com o diâmetro diferente, o cálculo de traspasse deve ser realizado através da barra de maior diâmetro.

**Figura 30** – Emendas de mesma seção transversal.



Fonte: item 9.3 ABNT NBR 6118:2014.

O cálculo do traspasse para barras tracionadas é realizado da seguinte forma, como mostra a equação 4 baseado na norma ABNT NBR 6118:2014:

$$\ell_{0t} = \alpha_{0t} \cdot \ell_{b,nec} \geq \ell_{ot,min}$$

Onde,  $\ell_{ot,min}$  é o maior valor entre  $03.\alpha_{0t} \cdot \ell_{b,nec}$  ( $\ell_b$  dado na equação 1), 1,5.Ø e 200mm,  $\alpha_{0t}$  é o coeficiente função da porcentagem de barras emendadas da mesma seção, conforme a tabela 2, e  $\ell_{b,nec}$  é dado pela equação 4.

**Tabela 2** – Valores dos coeficientes  $\alpha_{0t}$ .

Barras emendadas na mesma seção (%)	≤ 20	25	33	50	> 50
Valores de $\alpha_{0t}$	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0

Fonte: Tabela 9.4 ABNT NBR 6118:2014.

Após os reforços estruturais realizados, como forma de retardar o aparecimento de corrosão dos locais reparados, inicia-se a aplicação de inibidores de corrosão, onde tem como principal objetivo a redução significativa do processo de corrosão. No caso da edificação em estudo, por se tratar de um local marinho, é indicado o uso de inibidores de corrosão catódicas à base de cimento, resina ou nitritode sódio. Para a aplicação, é recomendado que o produto seja aplicado tanto nas barras existentes, quanto nas barras novas que foram colocadas. O modo de aplicação, secagem e quantidade de produto depende das especificações do fabricante.

O processo de tamponamento dos locais onde serão recuperados, inicia-se com o uso de ponte de aderência, utilizando produtos a base de epóxi, para melhorar a ancoragem do concreto novo com o velho. Após a superfície do concreto e as barras de aço recuperadas, tratadas e reforçadas, os pontos de aberturas são selados com o uso de Graute fluidoTixotrópico. Nos locais onde a profundidade da cavidade para tratamento do concreto/aço for superior a 6 cm, recomenda-se adicionar até 30% de brita 0 lavada na mistura com o GrauteTixotrópico.

**Figura 31** – Aplicação de Graute.



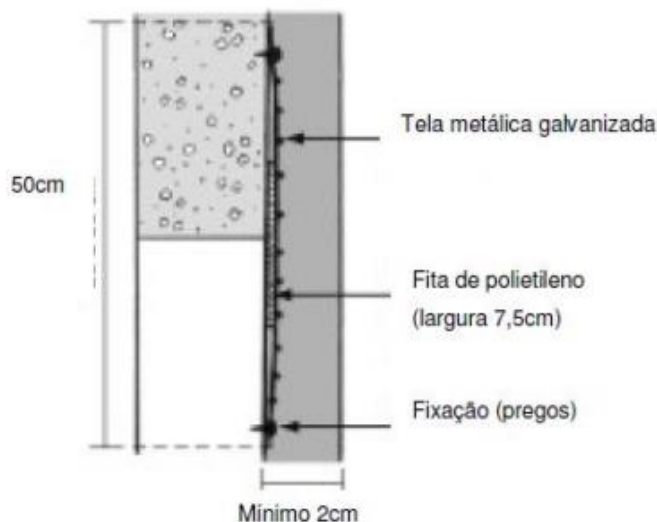
Fonte: Revista Técnica, Ed. 146.

O novo revestimento argamassado da edificação é iniciado através da aplicação de chapisco convencional lançado com colher nas áreas das alvenarias e para as regiões das peças estruturais, recomenda-se o uso de chapisco desempenado, com adição de resinas colantes e aplicados com desempenadeira.

Com a execução do chapisco realizada, é necessário fixar telas de aço galvanizado, fixadas com parafusos, pinos ou grampos. Tais telas têm como função de transmissão dos esforços. As telas são utilizadas nos locais onde há trocas de materiais, no caso das fachadas, nas interfaces de alvenaria/estrutura, locais em balanços e platibandas, utilizando-as em toda edificação, pois, mesmo com a execução de hidrojateamento e limpeza com escova de aço, sobram resquícios do antigo revestimento argamassado, prejudicando a aderência do novo revestimento. Deve ser respeitado o traspasse de pelo menos 25 cm em ambos os lados e pode ser

utilizada a tela hexagonal (tela de galinheiro) de  $\frac{1}{2}$  polegada ou tela tipo peneira de malha quadrada.

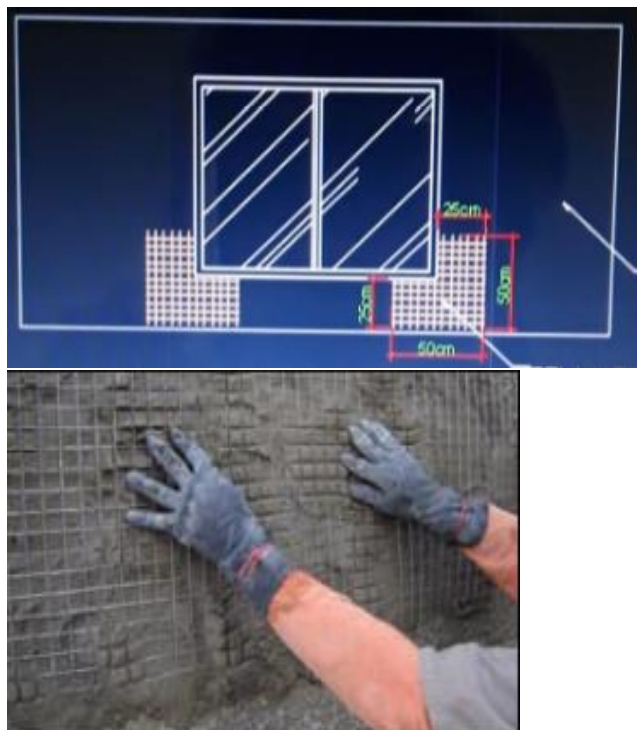
**Figura 32** – Exemplo de aplicação de tela.



Fonte: Desempenho De Revestimento De Argamassas Reforçadas Com Telas: Estudo De Fissuração E Comportamento Mecânico (2017)

Nos cantos das janelas, também deve ser instalado telas do tipo peneira de malha quadrada, para evitar trincas diagonais devido aos esforços solicitantes das quinas das janelas, respeitando o traspasse e instalado em ambos cantos inferiores da janela. Caso o reboco ultrapasse a espessura de 4 cm, indica-se a aplicação de tela tipo peneira de malha quadrada no ponto médio do reboco, afim de torna-se o reboco armado.

Figura 33 e 34 – Exemplo de aplicação de tela em quina de janela e de reforço.



Fonte: Arquivo pessoal e Comunidade da Construção.

Ainda de acordo com a ABNT NBR 6118, a edificação está situada em uma região de Classe de Agressividade Ambiental de grau III, onde o risco de deterioração é grande, por se tratar de um ambiente marinho. Devido a essas condições, o traço de argamassa para o revestimento da edificação deve conter materiais resistentes à região marinha, respingos de maré e menor porosidade, dificultando novos ataques de cloretos (Cl<sup>-</sup>).

Devido às condições do ambiente da edificação, recomenda-se do uso de cimento baixo calor de hidratação, baixo teor de  $C_3A$  (aluminato tricálcico) e alto teor de  $C_4AF$  (Ferro Aluminato Tetracálcico). Cimento com essas características, como o cimento CP-IV e CP-IV-RS (Resistente aos sulfatos) possuem liberação de calor menor cerca 15 a 30% em relação aos cimentos comuns (CP-I e II) e do tipo III. Porém, como o revestimento cerâmico/pintura é executado a partir do 14º dia de

execução, não respeitando os 28 dias de cura, opta-se pelo uso do cimento CP-II-Z ou CP-II-F, facilitando a execução do serviço, dando agilidade à execução afim de que no 14º dia tenha resistência suficiente (revestimento argamassado possuem resistência máxima entorno de 4 a 5 MPa em 28 dias). Todo material cimentício necessita seguir a regra de cura por 28 dias, para atingir a resistência mínima de 0,3 Mpa, e com espessuras de reboco variando de 20 a 30 mm, como preconizam as normas ABNT NBR 13755:2017 e NBR 13749:1996.

Com o processo de cura do reboco ainda em andamento e para facilitar a execução do serviço, iniciam-se os cortes no reboco para a confecção das juntas de movimentação, horizontais e verticais. Tais juntas têm como objetivo, de acordo com Ribeiro e Barros (2010), em revestimentos aderidos de fachadas, a função principal das juntas é minimizar a propagação de esforços neles atuantes e que provêm, usualmente, dos elementos com os quais se conectam (estrutura, vedo, revestimento). Em seu dimensionamento, considera-se o movimento térmico, partindo da equação 5, onde:

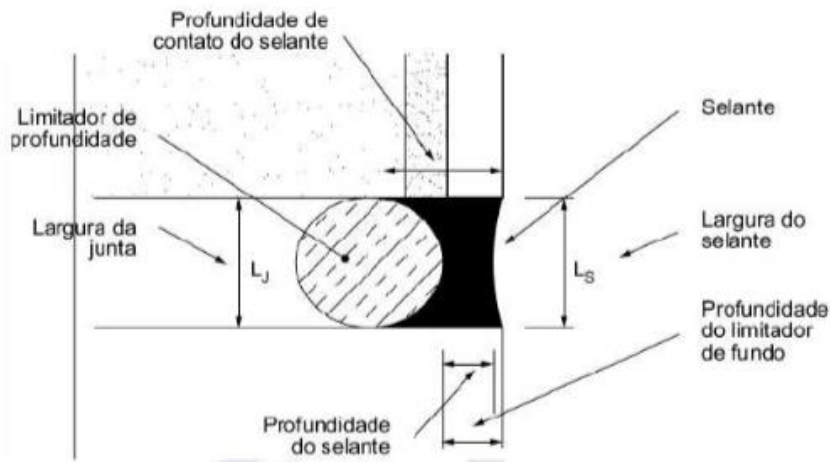
$$\Delta L = L \cdot \Delta t \cdot \alpha$$

Relacionando,  $\Delta L$  como a variação linear em mm,  $L$  sendo a distância entre juntas,  $\Delta t$  a variação de temperatura da região a ser instalada e  $\alpha$  sendo o coeficiente de dilatação térmica linear, variando o seu valor de acordo com o material adotado em mm/mm/°C.

As juntas de movimentação horizontais, devem seguir o critério de serem espaçadas em no máximo de 3 em 3m ou a altura do pé direito do edifício, sendo seu corte na região do encunhamento (local que separa a alvenaria da peça estrutural), obedecendo a proporção de 1:2, onde a profundidade (local de instalação do tarugo) deve ser a metade da largura da junta. Para as juntas de movimentação verticais, devem ser espaçadas em no máximo 6m, sendo situada no local de interface da alvenaria com a peça estrutural. Após a confecção dos cortes e instalação do tarugo, todas as juntas devem ser complementadas com selante de poliuretano para a total vedação.



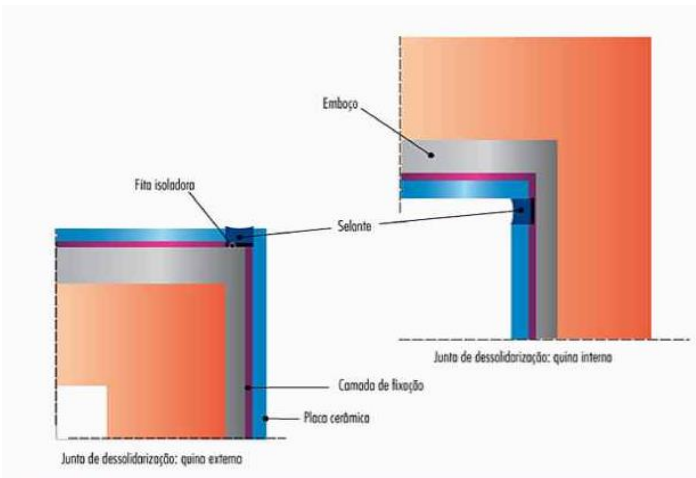
Figura 35 – Exemplo de junta de movimentação.



Fonte: ABNT NBR 13755:2017.

De acordo com Ribeiro e Barros (2010) as juntas de dessolidarização permite dissipar de tensões pela subdivisão de áreas extensas de revestimentos subdividindo-a em encontros de painéis de revestimentos perpendiculares, sendo posicionadas nas mudanças de direção do revestimento, em quinas internas ou externas.

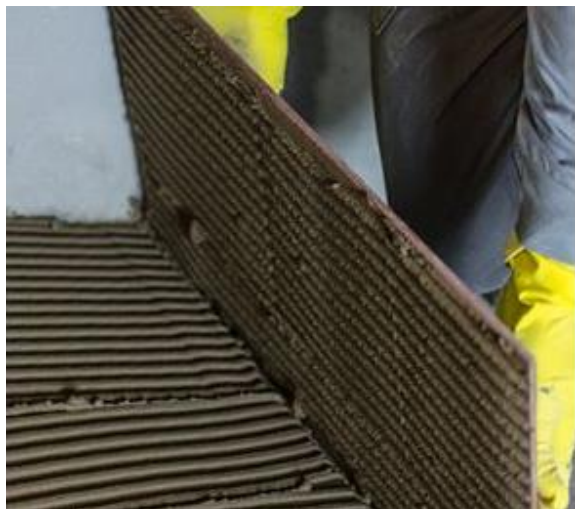
Figura 36 – Exemplo de junta de dessolidarização.



Fonte: Juntas de Movimentação em Revestimentos Cerâmicos de Fachadas (2010).

Nos locais de revestimento cerâmico (fachadas laterais e frontal), recomenda-se o uso de argamassa colante tipo AC-III, devido sua alta resistência a altas tensões de cisalhamento. Para a aplicação, com o auxílio de desempenadeira dentada, deve ser realizada a aplicação de argamassa de dupla colagem, onde é aplicada com o auxílio de desempenadeira dentada a argamassa na peça cerâmica e no revestimento argamassado, no sentido perpendicular. Após a aplicação, o executor do serviço deve pressionar as placas de revestimento cerâmico, afim de “quebrar” os bolsões de argamassa, para uma melhor aderência. O pano de abertura de argamassa não pode ultrapassar 20 minutos, como preconiza a norma ABNT NBR 14083:2004. Os tamanhos dos revestimentos cerâmicos, cores e rejuntas (conforme a indicação do fabricante) seguem o padrão da edificação, com o uso de pastilhas 2x2 cm da cor branca.

**Figura 37** – Exemplo de aplicação da peça cerâmica com dupla colagem.



Fonte: Blog da Doutor Resolve, Reparos e Reformas.

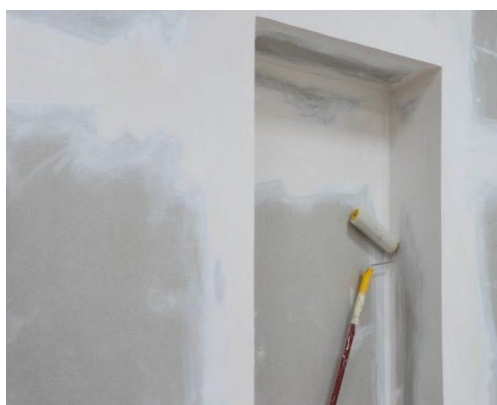
Na fachada posterior, onde receberá pintura, o processo é iniciado com a aplicação de fundo preparador, constituído de resinas, solventes, água, aditivos e pigmentos, aplicada inicialmente como primeira demão sobre o substrato, onde tem função de preparar a base para receber a pintura, uniformizar o local e absorção, isolar quimicamente a tinta do substrato melhorando a aderência. Contudo, com o

intuito de economia e para atingir rapidamente a pigmentação desejada, pode utilizar a tinta diluída com água, para ser o fundo preparador.

De acordo com Almeida (2012), as tintas são aplicadas, em geral, como agentes de proteção dos materiais ou com fins decorativos e podem ser definidas como uma “composição pigmentada líquida, pastosa ou sólida”. No caso da edificação em estudo, a tinta ganha papel fundamental na estanqueidade contra agentes agressivos do meio ambiente e à água, sendo indicado o uso de tintas vinílicas, de acordo com Anghinetti (2012), as resinas vinílicas são obtidas pela copolimerização em emulsão de acetato de etila com monômeros, como o cloreto de vinila. Podem ser dissolvidas em solventes orgânicos ou água. Este tipo de tinta possui grande rendimento, bom acabamento, porém não tem boa resistência a solventes, mas possui boa resistência á ácidos, água, álcalis e abrasão. Com alternativa à dificuldade de comercialização da tinta vinílica no país, opta-se pelo uso de tintas acrílicas, onde também possui boa resistência a intempéries, acabamento, durabilidade e adesão ao substrato em condições úmidas.

A aplicação do fundo selador e da pintura deve seguir as orientações dos fabricantes e executada por profissionais, para que o produto tenha total funcionalidade.

**Figura 38 e 39** – Exemplo de aplicação de fundo selador e pintura de fachada.



Fonte: Clube das tintas e 3D End&ClimbSolutions.

## 6 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos através dos ensaios, foi possível concluir que as principais causas da queda do revestimento cerâmico e do aparecimento de corrosão foram:

- Ataque de cloretos, mesmo que o resultado obtido por laboratório não atingissem os valores mínimos preconizados por normas. Porém, os resultados podem ser interferidos através de variantes, como: local de extração, fachada escolhida e localidade de retirada de amostra. Mas, é notório que a edificação tenha sofrido ataques de cloretos (Cl-) e que há grandes chances do traço usado na argamassa de revestimento tenha contaminação de cloretos, pois, os resultados obtidos mostram que há variações dos valores de acordo com a profundidade de extração da amostra. Sendo assim, a edificação deve passar por reparos para sanar os problemas citados.
- Falhas de projeto, causando a ausência de juntas de movimentação e dessolidarização nas fachadas, provocando uma alta movimentação do revestimento cerâmico e argamassado, tendo como consequência o deslocamento.
- Falha no cobrimento das estruturas de concreto, sendo inferior aos 40mm para o grau de Agressividade III, como preconiza a ABNT NBR 6118:2014.
- Espessura do revestimento argamassado superior aos 30mm ditos pela norma, gerando cargas extras nas fachadas e facilitando o aparecimento de manifestações patológicas.

Sendo assim, as anomalias prescritas geram desconforto aos moradores e riscos a edificação, podendo gerar o colapso, caso a corrosão continue atuante e nenhuma medida for realizada.

Como solução encontrada, foi solicitada a remoção de todo revestimento cerâmico e argamassado, para os devidos reparos nas peças estruturais.

Desta forma, o presente objeto de estudo, recomenda-se a recuperação total das peças estruturais onde apresentam problemas relacionados a corrosão, recuperação revitalização das fachadas

Para maior vida útil da edificação e de todos os seus sistemas, recomenda-se que as manutenções periódicas estejam sempre atuantes e em dia.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT- NBR 12655/2006. Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle e recebimento, 2006.

\_\_\_\_\_. - NBR 13528 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração, 2010.

\_\_\_\_\_. – NBR 13528/2010. Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração, 2010

\_\_\_\_\_. – NBR 13749/2013. Revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânicas - Especificação, 2013.

\_\_\_\_\_. – NBR 14083/2004. Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Determinação do tempo em aberto, 2004.

\_\_\_\_\_. – NBR 6118/2014. Projetos de Estruturas de Concreto – Procedimentos, 2014.

\_\_\_\_\_. - NBR13753/1996. Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante, 1996.

\_\_\_\_\_. - NBR13755/1996. Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante, 1996.

\_\_\_\_\_. - NBR13818/1997. Placas cerâmicas para revestimento – Especificações e métodos de ensaios, 1997.

ALVES, N. J. D., Avaliação dos Aditivos Incorporadores de ar em argamassas de revestimento. **Dissertação de Mestrado** – UnB, Brasília, Brasil. 2002.

ANDRADE, R. F.; DE BARROS, R. M. M. S. B., Juntas de Movimentação em Revestimentos Cerâmicos de Fachadas. **Câmara Brasileira do Livro – PINI**, São Paulo, Brasil, 2010.

ANGHINETTI, I. C. B., Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias. **MONOGRAFIA – UFMG**, Minas Gerais, Brasil, 2012.

ANTUNES, Giselle Reis. **Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília** - sistematização da incidência de casos. 2010. xxi, 178 f., il. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.

BAUER, E., Resistência a penetração da chuva em fachadas de alvenaria de materiais cerâmicos. **Uma análise de desempenho**. ANTEC, Rio Grande do Sul, Brasil.

BAUER, E.; KRAUS, E.; ANTUNES, G.R, Patologias mais correntes nas fachadas de edifícios em Brasília. 2010.Proc. **3º. Congresso Português de Argamassas de Construção** - APFAC, Lisboa, Portugal.

BAUER, Elton; CASTRO, E. K.; ANTUNES, Giselle Reis. Processo de identificação das manifestações patológicas em fachadas com revestimento cerâmico. **IX Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Belo Horizonte, Minas Gerais**, Brasil.

CARASEK, H., Avaliação de resultados do ensaio de resistência de aderência de revestimentos de argamassa. **Téchne: Revista de Tecnologia da Construção**, p. 64-69, Brasil.

CARMONA, A., Metodologia para Recuperação, Proteção e Determinação da vida útil Residual de Estruturas de Concreto em meio fortemente agressivo. **Tese de Doutorado**. Universidade Mackenzie – São Paulo, Brasil.

CHRUST, R. C; FILHO, J. R. F., Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado. **Segundo a NBR 6118:2014, vol I** – EDUSCar, Brasil.

DE ALMEIDA, M. L, Critérios para Realização de Pintura de Alvenaria em Ambientes não Agressivos. **Curso de Especialização em Construção Civil** – UFMG, Minas Gerais, Brasil.

DE MELO, E. S., Estudo de caso do Processo de Pintura em Superfície de Argamassa com Aplicação de massa PVA com rolo em Textura em Paredes Internas da Edificação. **Curso de Graduação em Engenharia Civil** – UniCESUMAR, Paraná, Brasil.

FILHO, M. C.; LINS, L. N., Aglomerantes, Agregados e Concreto. **Apostila de Materiais de Construção Civil I** – UERJ, Rio de Janeiro, Brasil.

GARCÍA-ALONSO, M. C. et al. Corrosion behaviour of new stainless steels reinforcing bars embedded in concrete. **Cement and Concrete Research**, v. 37, n. 10, p.1463– 1471, Brasil.

HELENE, P., Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto. **Projeto de Divulgação de Tecnologia** – PINI, São Paulo, Brasil.

MARTINS, P., Tintas e Vernizes. **Apostila 01** – Gold ICEP, CTE, Brasil

MEIRA, G. R., Corrosão de Armaduras em estruturas de concreto. **Fundamentos, Diagnóstico e Prevenção** – IFPB, Paraíba, Brasil.

NETO, J. C. P. F., Perícias de Fachadas em Edificações. **Pinturas**, LEUD, Brasil

PAES, Isaura Lobato; BAUER, Elton; CARASEK, Helena. Influência da estrutura de poros de argamassas mistas e de blocos de concreto e cerâmico no desempenho dos revestimentos. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS**, p. 466-476, Brasil.

PEREIRA, C. H. A. F.; FIGUEIREDO, PAZINI, E. J.; BAUER, E. **Avaliação da influência da adição de fibras sintéticas ao concreto quanto ao ingresso de íons cloreto**. Brasil.

PAZINI, E. J. Reparo localizado de estruturas de concreto: Avaliação de procedimentos e de materiais. In: **3.º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios-PATORREB 2009**. Universidade do Porto, 2009. p. 43.

RIPPER, T.; DE SOUZA, V. C. M., Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. **PINI** - São Paulo, Brasil.

SCHELBAUER, G.; GRAUPMANN, O. Manifestações Patológicas Em Revestimentos Argamassados. **Universidade Do Contestado**– UnC, p. 30.

SILVA, Francisco Gabriel Santos; BAUER, Elton. Avaliação da fissuração em argamassas. **VIII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas** - Curitiba, Brasil.

THOMAZ, E. C. S, Cimentos e Concretos. Notas de Aula – 51º Congresso Brasileiro de Concreto, Curitiba, Brasil.

ANEXO 1 – Resultado dos testes de aderência do reboco

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE REVESTIMENTOS DE PAREDES DE ARGAMASSAS INORGÂNICAS											
NBR 13528/2010 - Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração											
Interessado:	Ed. Brasil - Guarujá-SP										
IDENTIFICAÇÕES GERAIS											
Temperatura no dia do ensaio:	24°	Umidade relativa no dia do ensaio:	81%								
Data do ensaio:	29/ago	Diâmetro das pastilhas:	50mm								
Tipo de cola utilizada:	Massa Epóxi	Equipamento de corte:	Serra copo diamantada								
Equipamento de tração:	Proseq DY-216	Operador:	Guilherme Gonzaga								
INFORMAÇÕES DOS SISTEMA DE REVESTIMENTO											
Substrato	<input type="checkbox"/> Bloco Cerâmico	<input type="checkbox"/> Bloco de concreto	<input type="checkbox"/> Estrutura de concreto	<input checked="" type="checkbox"/> Bloco cerâmico maciço							
Chapisco	<input checked="" type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim									
Argamassa	<input type="checkbox"/> Rodada em obra	<input type="checkbox"/> Usinada	<input type="checkbox"/> Industrializada	<input checked="" type="checkbox"/> Não há informação							
Tipo de aplicação	<input checked="" type="checkbox"/> Manual	<input type="checkbox"/> Mecânica									
Idade de revestimento	Aproximadamente 30 anos com reformas executadas há 8 anos										
LOCAL DE ENSAIO											
1º PAVIMENTO, FACHADA POSTERIOR (SEM RETIRADA DA CAMADA REGULARIZADORA)											
RESULTADOS											
			FORMAS DE RUPTURA (%)								
CP	Ø Médio (mm)	Resistência de aderência à ruptura (MPa)	Substrato	Substrato/ Chapisco	Chapisco	Chapisco/ argamassa	Substrato/ argamassa	Argamassa	Argamassa/Cola	Cola/Pastilha	OBSERVAÇÃO
1	50	0						100			CAPA
2	50	0						100			CAPA
3	50	0					100				
4	50	0						100			CAPA
5	50	0					100				
6	50	0					100				
7	50	0						100			CAPA
8	50	0						100			CAPA
9	50	0						100			
10	50	0						100			
11	50	0						100			CAPA
12	50	0						100			CAPA
Resistência Média (MPa)	0										
Desvio Padrão (DP)	0										
Mediana (MPa)	0										



LOCAL DE ENSAIO											
1º PAVIMENTO, FACHADA POSTERIOR (COM RETIRADA DA CAMADA REGULARIZADORA)											
RESULTADOS											
FORMAS DE RUPTURA (%)											
CP	Ø Médio (mm)	Resistência de aderência à ruptura (MPa)	Substrato	Substrato/ Chapisco	Chapisco	Chapisco/ argamassa	Substrato/ argamassa	Argamassa	Argamassa/Cola	Cola/Pastilha	OBSERVAÇÃO
1	50	0,15					100				
2	50	0,21					100				
3	50	0,12					100				
4	50	0,25					100				
5	50	0					100				
6	50	0,3					100				
7	50	0,2					100				
8	50	0,29	100								
9	50	0,13	100								
10	50	0,43	100								
11	50	0,15	100								
12	50	0,32	100								
Resistência Média (MPa)	0,21										
Desvio Padrão (DP)	0,11										
Mediana (MPa)	0,21										

LOCAL DE ENSAIO											
1º PAVIMENTO, FACHADA LATERAL DIREITA - FRENTE AO MAR (SEM RETIRADA DA CAMADA REGULARIZADORA)											
RESULTADOS											
FORMAS DE RUPTURA (%)											
CP	Ø Médio (mm)	Resistência de aderência à ruptura (MPa)	Substrato	Substrato/ Chapisco	Chapisco	Chapisco/ argamassa	Substrato/ argamassa	Argamassa	Argamassa/ Revestimento Cerâmico	Cola/Pastilha ou argamassa	OBSERVAÇÃO
1	50	0					100				
2	50	0					100				
3	50	0,26							100		CAPA
4	50	0,19					100				
5	50	0,15					100				
6	50	0					100				
7	50	0					100				
8	50	0					100				
9	50	0					100				
10	50	0					100				
11	50	0					100				
12	50	0					100				
Resistência Média (MPa)	0,05										
Desvio Padrão (DP)	0,09										
Mediana (MPa)	0,00										

# APLICAÇÃO DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ESTRUTURAL: ESTUDO DE CASO DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM ÁGUAS CLARAS – DF

## APPLICATION OF NON-DESTRUCTIVE TESTS FOR STRUCTURAL PERFORMANCE ASSESSMENT: CASE STUDY OF A RESIDENTIAL BUILDING IN ÁGUAS CLARAS - DF

Paulo Henrique Alves Rodrigues<sup>1</sup>  
Jorge Oliveira

### RESUMO

O conjunto de elementos estruturais de uma edificação, é sem dúvidas um dos principais sistemas em uma edificação, pois são eles que dão forma e mantêm a estabilidade do mesmo. Porém, as edificações estão sofrendo cada vez mais com os problemas de degradação precoce de seus elementos estruturais, ocasionando o aparecimento de manifestações patológicas, colocando em risco a estrutura do edifício. O presente estudo tem o objetivo de realizar uma inspeção predial preliminar para avaliação técnica do desempenho estrutural de um edifício residencial que está localizado na cidade de Águas Claras – DF, com auxílio de ensaios técnicos não destrutivos, pois alguns elementos estruturais estão

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação Lato Sensu em Projeto, Execução e Manutenção de Edificações. , sob orientação do Prof. D. Sc. Jorge Oliveira

apresentando trincas/fissuras que causam desconforto e insegurança aos moradores. Foram feitas vistorias com registros fotográficos para identificar e mapear as manifestações patológicas encontradas além de estabelecer uma metodologia para a escolha dos ensaios a serem realizados. Se fez necessário também a análise do histórico da edificação para melhor entender o processo construtivo do edifício e encontrar alguma evidência das causas das anomalias encontradas. Pôde-se certificar que as causas das principais manifestações patológicas encontradas, como fissuras, corrosão e deslocamento do concreto estão relacionados diretamente a incompatibilidades com as especificações das normas técnicas e ao processo executivo. A partir disso, recomenda-se a execução de serviços de recuperação estrutural de imediato nas estruturas de concreto armado do pilotis e dos subsolos.

**Palavras-chave:** Manifestações patológicas. Desempenho estrutural. Ensaios não destrutivos. Concreto.

## ABSTRACT

The set of structural elements of a building is undoubtedly one of the main systems in a building, since they are the shape and stability of the building. However, buildings are increasingly suffering from the problems of early degradation of their structural elements, causing the appearances of pathological manifestations, putting in risk the structure of the building. The present study has the objective of conducting a preliminary inspection for a technical evaluation of the structural performance of a Residential building that is located in the city of Águas Claras - DF, with the aid of non-destructive technical tests, since some structural elements are showing cracks / fissures which cause discomfort and insecurity to the residents. Surveys were carried out with photographic records to identify and map the pathological manifestations found, besides establishing a methodology for the choice of the tests to be performed. It was also necessary to analyze the history of the building to better understand the constructive process of the building and to find some evidence of the causes of the anomalies found. It was possible to verify that the causes of the main pathological manifestations found, such as cracks, corrosion and displacement of concrete are directly related to incompatibilities with the specifications of the technical standards and the Building-process. From this, it is recommended to perform structural recovery services immediately on the reinforced concrete structures of Stilts and the underground Structures.

**Keywords:** Pathological manifestations. Structural performance. Non-destructive testing. Concrete.

## 1 INTRODUÇÃO

As edificações estão sofrendo cada vez mais com os problemas de degradação precoce de seus elementos estruturais, ocasionando o aparecimento de manifestações patológicas. Essas resultam por diversos motivos, podem ser eles:

erros e incompatibilização de projetos, execução inadequada, falta de manutenção, materiais inapropriados ou de baixa qualidade dentre outros.

Para analisar e avaliar as estruturas que sofreram deterioração são necessárias inspeções por um profissional habilitado que permitam detectar os problemas, de forma a corrigi-los e deter sua evolução. E para uma melhor avaliação, método de ensaios técnicos são utilizados para se obter informações e detalhes que possam ajudar na tomada de decisão para sanar tais problemas.

Conforme citado por Evangelista (2002) por volta de 1980 vinham sendo estudado e feita várias tentativas para o desenvolvimento de métodos de ensaios não destrutivos. Esses métodos ajudam avaliar algumas propriedades do concreto como: resistência, dureza superficial e durabilidade como também são usados para determinar posição e tamanhos das armaduras, fissuras, falhas de concretagem, profundidade da frente de carbonatação.

O fato do concreto ser um material heterogêneo diferente dos elementos estruturais em aço o uso dos métodos de ensaios não destrutivos causa algumas interferências, como: atenuação, dispersão, difração e reflexão para análise das propriedades desse material. Contudo avanços tecnológicos têm desenvolvido métodos que estão sendo satisfatórios em sua aplicação. (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

A aplicação desses ensaios nas inspeções fornece ao profissional que a realiza, informações e detalhes valiosos para avaliação da integridade física dos elementos inspecionados sem causar prejuízos a capacidade funcional e que após a sua execução, e dependendo do ensaio necessita apenas de pequenos reparos em sua estrutura. (SAHUINCO; HERMÓGENES, 2011)

Neste estudo, veremos alguns exemplos de ensaios não destrutivos como: esclerometria, ensaio de arrancamento, ultrassom, pacometria, avaliação da penetração de carbonatação com aplicação de fenoltaleína no concreto, sendo aplicados em uma inspeção predial preliminar para avaliação técnica do desempenho estrutural de um edifício residencial nas áreas do Pilotis, subsolos e garagem descoberta, pois alguns elementos estruturais estão apresentando trincas/fissuras que causam desconforto e insegurança aos moradores do edifício. E apresentar as

principais manifestações patológicas encontradas, como suas respectivas causas, origens.

Para isso, foi feita uma vistoria in loco da edificação no qual foram levantadas as manifestações encontradas com análise visual, registros fotográficos e uso de ensaios tecnológicos. Após esse levantamento foram feitos estudos bibliográficos para melhor entender as causas e origens das anomalias encontradas e assim fazer uma avaliação do grau de risco da edificação e proceder com um diagnóstico satisfatório.

O edifício em estudo está localizado na cidade de Águas Claras – DF, o mesmo é composto de 3 blocos residenciais que são interligados pelo pilotis. Cada bloco dispõe de 9 pavimentos com 4 apartamentos em cada pavimento, resultando um total de 108 unidades habitacionais. A edificação ainda é composta de área comum, garagem descoberta, dois subsolos, quadra de esportes e playground.

O presente trabalho foi então estruturado nas seguintes seções: na seção dois apresentam-se as metodologias adotadas para o desenvolvimento da pesquisa; a seção três proporciona uma análise sobre os resultados adquiridos no estudo de caso; na seção quatro apresenta-se as conclusões e recomendações.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Inspeção preliminar**

#### *2.1.1 Análise Visual*

A avaliação do desempenho estrutural do edifício em estudo, iniciou-se com uma análise visual e registros fotográficos das manifestações patológicas encontradas com o propósito de fazer um levantamento e um mapeamento de todas elas. Nesta etapa é possível pressupor as possíveis causas das anomalias, e definir os ensaios tecnológicos a serem realizados para se obter a confirmação das origens dos problemas identificados e avaliar se há necessidade ou não de algum tipo de intervenção direta na estrutura.

É importante destacar que a inspeção não teve o objetivo de vistoriar toda a estrutura, embora tecnicamente tenha sido recomendada a realização para a obtenção de um diagnóstico mais conclusivo.

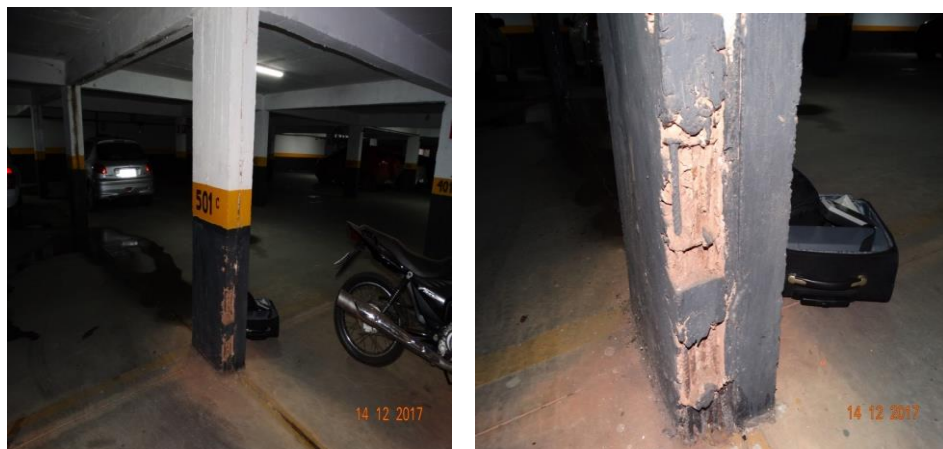
Nos objetos de estudo deste trabalho (pilares do pilotis; garagem descoberta; vigas, pilares e piso dos subsolos) foram encontradas manifestações patológicas como: Fissuras/trincas, infiltrações, sinais de corrosão das armaduras, estalactites, deslocamento do concreto, falhas de concretagem conforme são apresentados nas figuras de 1 a 9.

**Figura 1** – Deplacamento do concreto e sinais de corrosão da armadura na viga alinhada na direção dos pilares 302 C e 903 B



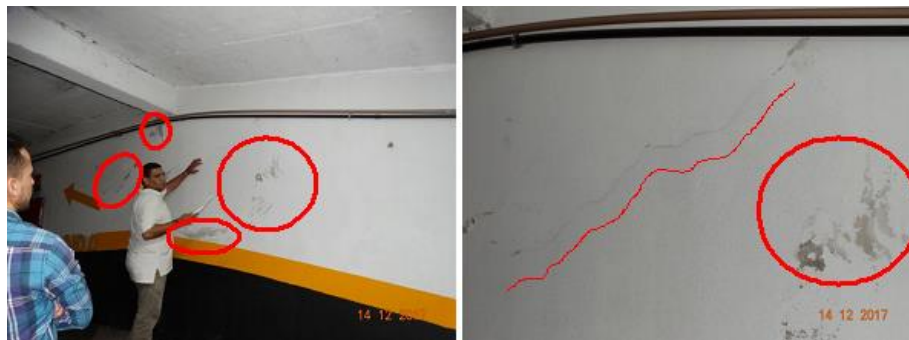
Fonte – Elaborado pelo autor do trabalho

**Figura 2** – Falhas na concretagem e corrosão da armadura no pilar próximo à vaga 501 C.



Fonte – Elaborado pelo autor do trabalho

**Figura 3** –Fissura/trinca e mofo na parede da rampa de acesso ao 2º subsolo



Fonte – Elaborado pelo autor do trabalho

**Figura 4** – Estalactites na viga próxima às garagens 604 A e 401 A



Fonte – Elaborado pelo autor do trabalho

**Figura 5** –Deslocamento do concreto, corrosão do aço e sinais de infiltração na viga próxima às garagens 604 A e 401 A



Fonte – Elaborado pelo autor do trabalho



**Figura 6** - Junta de dilatação próxima as vagas 404 B e 901 A



Fonte – Elaborado pelo autor do trabalho

**Figura 7** – Fissuras/trincas no piso de concreto da garagem descoberta



Fonte – Elaborado pelo autor do trabalho

**Figura 8** - Danos apresentados na junta de dilatação da garagem descoberta



Fonte – Elaborado pelo autor do trabalho



### *2.1.2 Levantamento do histórico da edificação*

O levantamento do histórico da edificação é uma etapa da inspeção predial que foi feito, onde se buscou coletar o maior número de informações com moradores e síndico para melhor entender o processo construtivo do edifício e encontrar alguma evidência das causas das anomalias encontradas. À vista disso, foi relatado pela síndica e por uma moradora do condomínio que o edifício tem aproximadamente 16 anos do seu habite-se e que a construtora responsável pela obra declarou falência antes do término e entrega da obra. Foi informado também que se tem dúvida quanto a sequência da construção dos blocos residenciais, uma informação importante, pois, verificou-se que o bloco C possui perda da funcionalidade estrutural quanto ao aço dos pilares do pilotis. Quanto a garagem descoberta foi relatado que a mesma inicialmente era um jardim e depois de algum tempo foi transformada para essa nova funcionalidade.

## **2.2 Ensaios realizados**

### *2.2.1 Pacometria*

Para localizar a barra de aço da armadura, descobrir o seu diâmetro e estimar a espessura do cobrimento de concreto sobre a armadura é utilizado um localizador eletrônico chamado Pacômetro, nome do qual leva o ensaio também. Esse aparelho trabalha por meio de indução magnética, no qual a partir da leitura dos dados de intensidade e frequência que o mesmo faz é possível localizar as armaduras na estrutura de concreto (SAHUINCO; HERMÓGENES, 2011).

A realização do ensaio de pacometria nas vigas e pilares da estrutura de concreto armado do edifício em estudo foi executado para determinar o cobrimento das armaduras, pois verificou-se na análise visual que a espessura do cobrimento das barras de aço era insuficiente, o que pode facilitar o processo de corrosão da armadura, devido ao ataque por carbonatação, e para auxiliar o ensaio de esclerometria evitando a realização do mesmo sobre uma área com concentração de armaduras o que majoraria os resultados obtidos. Na figura 10 é apresentado a realização do ensaio.

**Figura 9** – Execução do Pacômetro na área de ensaio da viga localizada próximo às vagas de garagem do 2º subsolo



Fonte – Elaborado pelo autor do trabalho

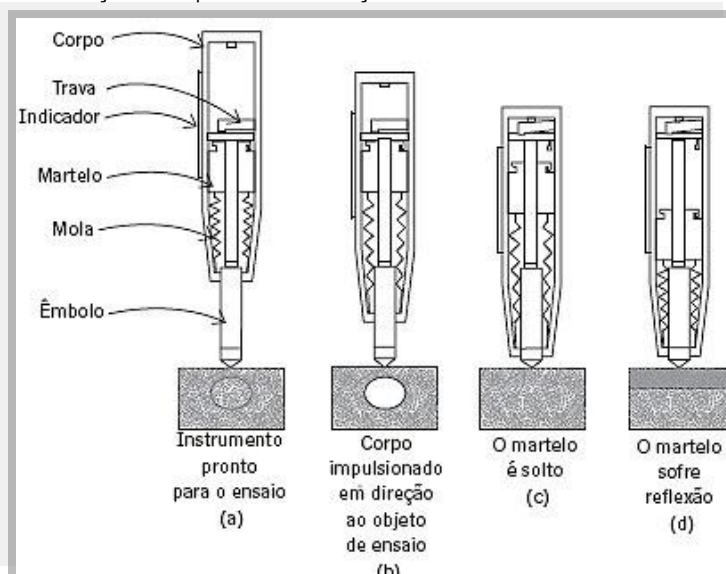
A norma 6118/1978: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, esta que foi utilizada para a construção do edifício em estudo no ano de 2001, estabelece que a espessura de camada de concreto sobre o aço de pilares, vigas e lajes varia de acordo com o ambiente em que a obra é construída, no qual a mesma estabelece quatro classes de agressividade: I-fracas, II-moderada, III-forte, IV-muito forte.

A edificação em estudo é classificada com classe de agressividade ambiental II por estar em um ambiente urbano, exposto a agressões ambientais, como as provenientes do gás carbônico e dos cloretos presentes no ar. Para essa classificação estabelece-se um cobrimento nominal de 20 milímetros para pilares, vigas e lajes de concreto armado.

Nos elementos de vigas e pilares inspecionados, verificou-se que a camada de cobrimento não está de acordo com o que a norma 6118/1978 estabelece.

### 2.2.2 Esclerometria

A esclerometria é um ensaio não destrutivo que fornece dados sobre a dureza superficial do concreto. O ensaio é baseado no princípio do ricochete e consiste em realizar impactos na superfície da estrutura e medir o retorno da força aplicada após o impacto (figura 10). O equipamento utilizado é chamado de esclerômetro de Schmidt. O intuito é avaliar a qualidade do material, estabelecendo uma correlação com a resistência à compressão do concreto.

**Figura 10** - Ilustração da sequência de execução do ensaio de esclerometria

Fonte – Mehta e Monteiro (2008)

A norma que estabelece diretrizes para esse ensaio é a NBR 7584/2013: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão- Método de ensaio.

Esta norma determina que para a execução dos ensaios, as superfícies do concreto devem estar secas ao ar livre, limpas e, preferencialmente planas. Superfícies irregulares, ásperas, curvas ou talhadas não fornecem resultados homogêneos e devem ser evitadas, bem como superfícies de concreto úmidas ou carbonatadas.

Posteriormente, veremos que os resultados obtidos na inspeção pelo ensaio de esclerometria foram descartados, pois os valores de resistência de dureza superficial do concreto encontrados estão majorados, uma vez que o concreto sofreu carbonatação.

### 2.2.3 Avaliação da frente de carbonatação

Segundo Carmona (2005), as armaduras estão protegidas da corrosão no interior do concreto por estarem em um ambiente altamente alcalino com pH em torno de 13. Essa elevada alcalinidade é responsável pela formação da película passivadora, que protege o aço contra a corrosão. Porém esse ambiente alcalino pode ser alterado por ação de agentes agressivos como o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) presentes na atmosfera, que penetra pelos poros do concreto, diminuindo o valor do seu pH para entorno de 9, no qual este valor se torna insuficiente para a proteção do aço contra a corrosão.

O método do ensaio de carbonatação consiste em visualizar exatamente essa alteração do pH de cobrimento do concreto, por meio da aspersão de um indicador de pH (solução de fenolftaleína) que altera a coloração da área ensaiada. Para o ensaio é necessário fraturar o concreto e saturar a área com a aplicação da solução de fenolftaleína. A região carbonatada do concreto é aquela que não apresenta alteração de cor, tendo pH inferior a 8,3. A região não carbonatada (pH superior a 8,3) assume uma coloração rosa. (ARAUJO; PANOSSIAN, 2011)

A figura 11 apresenta o ensaio de avaliação da frente penetração de carbonatação realizado no edifício em estudo.

**Figura 11** - Ensaio de avaliação da penetração de frente de carbonatação na viga do 1º subsolo



Fonte – Elaborado pelo autor do trabalho

Após a realização do ensaio de frente de carbonatação, foi possível observar a não alteração de cor nas regiões ensaiadas do subsolo e dos pilares que possuíam manifestações patológicas do pilotis, indicando assim, a carbonatação do concreto.

#### *2.2.4 Ensaio de Ultrassonografia*

Este método de ensaio que é normalizado pela NBR 8802/2013: Concreto endurecido – Determinação de velocidade de propagação de onda ultrassônica. Consiste em determinar a velocidade de propagação de ondas longitudinais, obtidas por pulsos ultrassônicos, através de dois pontos estabelecidos em um componente de concreto.

O objetivo deste ensaio é avaliar a uniformidade no interior do concreto e tem como suas principais aplicações:

1. Avaliação da resistência à compressão do concreto;
2. Verificação de homogeneidade do concreto;
3. Detecção de eventuais falhas internas de concretagem, profundidade de fissuras e outras imperfeições;
4. Monitoramento de variações no concreto, ao longo do tempo, decorrentes de agressividade do meio (ataque químico), principalmente pela ação de sulfatos.

Os elementos estruturais vigas e pilares ensaiados no subsolo do edifício em estudo apresentaram bons resultados como veremos mais à frente.

#### *2.2.5 Determinação da resistência de aderência a tração*

Afim de averiguar a interação entre as camadas constituintes do revestimento em argamassa dos pilares do Pilotis, foram realizados ensaios de determinação da resistência de aderência a tração. Este ensaio consiste em avaliar a tensão máxima que um corpo de prova suporta, quando submetido a um esforço normal de tração simples.

O ensaio é realizado segundo o método prescrito na norma NBR 13528:2010 – Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração – Método de ensaio. A avaliação da aderência é feita segundo a NBR 13749:2013 – Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação.

Para realização do ensaio acopla-se uma serra copo em uma furadeira, efetuando-se no total 12 (doze) furos de diâmetro igual a 50 mm distribuídos de forma aleatória.

Após limpeza da superfície, sobre cada furo é colada uma pastilha circular com resina epóxi. A pastilha deve dispor de acoplamento para equipamento de tração.

O passo seguinte é a introdução do aparelho de arrancamento (dinamômetro de tração) dotado de dispositivo para leitura de carga. As pastilhas são, então, arrancadas e as amostras analisadas. É calculada a resistência de aderência à tração de cada corpo de prova em MPa e verificada a forma de ruptura de cada um deles.

Foram realizados 4 ensaios de determinação de resistência de aderência à tração do revestimento tipo reboco/emboço nos pilares selecionados que possuíam trincas/fissuras do pilotis, conforme a figura 12.

**Figura 12** – Acoplamento do aparelho de arrancamento nas pastilhas instaladas no pilares do pilotis



Fonte – Elaborado pelo autor do trabalho

### **3 ANÁLISE E RESULTADOS**

#### **3.1 Subsolos da garagem coberta**

Foi verificado por meio de análise visual que as infiltrações, eflorescências e lixiviação nas vigas próximas as vagas de garagem 404 B e 901 A; 604 A e 401 A (1º subsolo); 302 C e 903 B (2º subsolo) e as infiltrações e manchas na pintura das lajes da garagem coberta foram causadas pelas falhas dos sistemas de impermeabilização das juntas de dilatação, tanto da garagem descoberta como do próprio subsolo. Essas juntas se encontravam totalmente deterioradas sem a presença do material NP 1 e da manta impermeabilizante, o que permitia a infiltração da água através da junta de dilatação que se encontrava na garagem descoberta, que seguia e se acumulava nas juntas das vigas do 1º subsolo e em seguida seguia para as vigas do 2º subsolo.

Essas manifestações patológicas descritas são devidas ao uso de material inadequado na impermeabilização e pela falta de manutenção por parte do condomínio.

Por meio do ensaio de pacometria e pela análise visual foi verificado que as espessuras do cobrimento de concreto sobre as armaduras das vigas, das lajes e dos pilares dos subsolos eram insuficientes e não atendem as especificações estabelecidas pela norma NBR 6118/1978. A tabela 1 apresenta os resultados obtidos dos ensaios de pacometria realizados durante a inspeção.

**Tabela 1** – Resultados dos ensaios de pacometria nos subsolos

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE PACOMETRIA NOS SUBSOLOS	
2º Subsolo	Cobrimento Nominal
Viga alinhada ao pilar 903 B	12 mm
Pilar 903 B	11mm
Pilar ao lado do pilar 302 C	18mm
Viga próxima da rampa de acesso	10mm
Pilar próximo ao Hidrante	14mm
<b>1º Subsolo</b>	
Pilar 901 A	1 mm
Viga alinhada ao pilar 401 A	9 mm
Viga alinhada ao pilar 604 A	14 mm

Fonte – Elaborado pelo autor do trabalho

Esse cobrimento insuficiente ocasionou a corrosão das barras de aço e consequentemente o deslocamento do concreto por conta do processo de carbonatação e das infiltrações nas juntas de dilatação. A carbonatação pode ser verificada a partir do ensaio de frente de carbonatação, no qual foi verificado que o processo de carbonatação estava em estágio avançado.

As condições de exposição do subsolo, devido à circulação de veículos, que geram uma alta concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no ambiente e a inadequação do cobrimento das vigas, pilar e lajes intensificam o processo de carbonatação do concreto e corrosão da armadura nesses elementos.

Falhas de concretagem foram observadas nas vigas, lajes e pilar da rampa de acesso ao 2º subsolo durante a inspeção visual, essa anomalia foi causada devido o processo executivo mal realizado, uma vez que a mão de obra não executou devidamente os processos de vibração, lançamento e adensamento do concreto.

Uma outra anomalia observada nos subsolos foram fissuras e trincas com ângulos de 45 ° nas alvenarias de vedações, essas que podem ter sido causadas por



movimentações estruturais, uma vez que os materiais utilizados trabalham de forma diferenciada, causando essas trincas e fissuras.

O método de ensaio da esclerometria foi utilizado na inspeção do subsolo com o intuito de auxiliar na composição do diagnóstico das manifestações patológicas encontradas, porém os resultados obtidos, permitem concluir que os valores de resistência de dureza superficial do concreto encontrados (tabela 2) estão majorados, uma vez que o concreto sofreu carbonatação.

**Tabela 2 – Resultados dos ensaios de esclerometria nos subsolos**

Ensaio	Elemento	IE Médio	Resistência do concreto à compressão (Mpa) (*)
1	Viga 901 B	35,42	32
2	Pilar 903 B	40,31	40
3	Pilar 302 C	40,43	41
4	Pilar 501 C	40,38	41
5	Pilar 901 A	38,87	38
6	Viga 401 A	33,93	30
(*) Média de resistência do concreto à compressão obtida na curva de esclerometria do Ábaco de Schmidt			

Fonte – Elaborado pelo autor do trabalho

Com auxílio do ensaio de ultrassonografia foi possível verificar que o concreto das vigas e pilares ensaiados dos subsolos apresentavam uma boa qualidade, de acordo com os resultados obtidos neste ensaio (tabela 3).

**Tabela 3 – Resultados dos ensaios de Ultrassonografia**

Ensaio	Elemento	Velocidade	Qualidade do Concreto
1	Pilar 301 C	3663	Ótimo/bom
2	Pilar 203 C	3703,7	Ótimo/bom
3	Viga alinhada às vagas 203 C/202 C	3401,36	Bom/duvidoso
4	Pilar 104 B	3470,7	Bom/duvidoso
5	Viga alinhada às vagas 503 C/804 C	3559,69	Ótimo/bom

Fonte – Elaborado pelo autor do trabalho

### 3.2 Pilares do Pilotis

Através da Análise visual foi possível detectar que alguns pilares do Pilotis do Bloco C estavam apresentando fissuras. De início tinha-se a suspeita que poderia ser uma anomalia do reboco, que por algum motivo estava se deslocando da estrutura de concreto, no qual se fez necessário a realização dos ensaios de determinação de resistência de aderência à tração do revestimento tipo reboco/emboço dos pilares.

Com os resultados obtidos do ensaio (tabela 4) verificou-se, através da extração do revestimento argamassado que as resistências de aderência à tração estavam satisfatórias, visto que todas as médias dos ensaios executados foram superiores ao mínimo estabelecido para revestimentos externos pela NBR 13749:2013 (Determinação da resistência de aderência à tração), de 0,30 Mpa. Portanto, as anomalias de falhas/fissuras não estão relacionadas ao desempenho do revestimento tipo reboco/emboço.

**Tabela 4** – Resultados dos ensaios de resistência de aderência à tração

Local Ensaiado	Resistência de aderência à tração média (Mpa)
Pilar 01	0,33
Pilar 02	0,32
Pilar 03	0,41
Pilar 04	0,35

Fonte: Autor

A partir da abertura das áreas que se encontravam as fissuras no corpo dos pilares, foi possível detectar que as barras de aço das armaduras estavam em estado de corrosão. As reações de corrosão da armadura produzem óxido de ferro, cujo volume é consideravelmente superior ao original do metal, provocando o aumento de seção das barras de aço. Essa expansão causa a abertura de trincas, fissuras e rachaduras nas peças de concreto em regiões próximas à armadura.

Com auxílio do ensaio de frente de carbonatação com utilização de fenolftaleína, verificou-se que toda a área do concreto se encontrava carbonatada, causando a corrosão das armaduras. O Fator que influenciou na formação das manifestações patológicas observadas nos pilares foi a insuficiência do cobrimento nominal do concreto. Por meio da inspeção visual foi possível concluir que as espessuras dos cobrimentos da armadura das estruturas ensaiadas eram insuficientes e não se adequavam às especificações estabelecidas por norma.

Em alguns pilares do pilotis do bloco C também foram encontrados sinais de infiltração, que possivelmente foram causados pela passagem de água da área externa uma vez que essa estrutura está na periferia da área descoberta.

### **3.3 Garagem descoberta**

Na área da garagem descoberta foi possível notar que o piso e o sistema de impermeabilização nas juntas estruturais apresentavam-se muito deteriorado apresentando fissuras em toda sua extensão, que possivelmente foram causados por falta da sua má execução, e da falta de manutenção corretiva e preventiva por parte do condomínio.

Pelo fato de não ter sido projetada adequadamente, essa área não apresentava caimento e nem um sistema de drenagem para a passagem de água, ocasionando a formação de poças ao longo piso de concreto, que infiltravam pelas tricas e fissuras, colaborando para as manifestações patológicas encontradas nos subsolos.

## **4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

A partir da inspeção predial e dos resultados obtidos nos ensaios técnicos realizados no edifício em estudo, conclui-se que as causas das principais manifestações patológicas encontradas, estão relacionados diretamente a incompatibilidades com as especificações das normas técnicas e ao processo executivo. As condições de exposição do local, a falta de manutenção por parte do condomínio e a inexistência do projeto da garagem descoberta agravaram a situação e acabaram ocasionando o aparecimento de novas anomalias.

De acordo com os dados coletados durante as vistorias, o grau de risco adotado para as manifestações patológicas encontradas nas vigas dos subsolos e dos pilares do pilotis é crítico, pois apresenta risco iminente à estrutura visto que esses elementos estruturais tiveram perda de desempenho, podendo provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e/ou meio ambiente. Já na garagem descoberta foi adotado um grau de risco de regular pois provoca a perda de funcionalidade, mas não causa perigo a segurança das pessoas ou do meio ambiente.

Após a verificação das informações obtidas na inspeção predial e nos ensaios técnicos, recomenda-se a execução de serviços de recuperação estrutural de imediato nas estruturas de concreto armado do pilotis e dos subsolos. Para isso, sugere-se a previa contratação de um engenheiro calculista para elaboração de projeto específico de reforço estrutural.

Na área da garagem descoberta recomenda-se a recuperação dos sistemas de impermeabilização do piso e das juntas de dilatação, e a instalação de sistema de drenagem. Já nas paredes onde foram encontradas trincas/fissuras, sugere-se apenas a execução de manutenção corretiva, pois não causa nenhum risco a estrutura.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Adriana de; PANOSSIAN, Zehbour. Inspeção rotineira de estruturas de concreto armado expostas a atmosferas agressivas. *Téchne*, São Paulo, n. 177, p.58-64, dez. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13528: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas-Determinação da resistência de aderência à tração, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, Rio de Janeiro, 1978.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7584: Concreto endurecido- Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão- Método de ensaio, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8802: Concreto endurecido- Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica, 2013.

CARMONA, Thomas Garcia. **Modelos de previsão da despassivação das armaduras em estruturas de concreto sujeitas à carbonatação.** 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

EVANGELISTA, A. C. J. **Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos.** 2002. 239p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal, Rio de Janeiro. 2002.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P.J.M., **Concreto:** microestrutura, propriedades e materiais. 3.ed. São Paulo, IBRACON, 2008. 674p.

SAHUINCO, Choquepuma; HERMÓGENES, Melquiades. **Utilização de métodos não destrutivos e semi destrutivos na avaliação de pontes de concreto.** 2011. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

# APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE INSPEÇÃO PREDIAL NA AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM SISTEMA ESTRUTURAL E DE VEDAÇÃO DE CASA EM VICENTE PIRES ESTUDO DE CASO

## APPLICATION OF METHODOLOGY OF PREDIAL INSPECTION IN THE EVALUATION OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN STRUCTURAL AND HOUSE SEALING SYSTEM IN VICENTE PIRES CASE STUDY

Paula Rios Paiva Kanno<sup>1</sup>  
Antônio da Cunha Oliveira

### RESUMO

Muitos erros são cometidos durante as fases de projeto, de execução e de manutenção das edificações, e isso faz com que apareçam as manifestações patológicas, como foi o cenário do estudo de caso em questão, fazendo necessária a investigação das causas dessas anomalias. Para a realização da inspeção predial foi necessária uma oitiva com os envolvidos na situação para complementar a anamnese da residência, mas, além disso, foram coletados registros fotográficos, fotos

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Projeto, Execução e Manutenção de Edificações, sob orientação do Prof. Dr. Jorge Antônio da Cunha Oliveira

termográficas, realização de alguns testes de desempenho, e medições de fissuras com o uso de algumas ferramentas. Através do uso dessa metodologia de inspeção, soube-se que a principal causa das manifestações patológicas foi um recalque de fundação, causado devido à falta de estudos geotécnicos no solo, ausência de projetos, e consequentemente, falha no método construtivo, além da ocorrência de aterros e escavações no terreno vizinho, que alteraram as características físicas do solo onde a fundação foi edificada.

**Palavras-chave:** Manifestação patológica. Inspeção predial. Estudo de caso. Recalque de fundação. Diagnóstico.

## ABSTRACT

Many errors are committed during the design, execution and maintenance phases of the buildings, and this causes the pathological manifestations to appear, as was the scenario of the case study in question, making it necessary to investigate the causes of these anomalies. In order to carry out the construction inspection, it was necessary to have a hearing with those involved in the situation to complement the anamnesis of the residence, but, in addition, photographic records, thermographic photos, some performance tests, and cracks measurements with the use of some tools. Through the use of this inspection methodology, it was known that the main cause of the pathological manifestations was a foundation repression, caused due to the lack of geotechnical studies in the soil, absence of projects, and consequently, failure in the constructive method, besides the occurrence of landfills and excavations in the neighboring land, which altered the physical characteristics of the soil where the foundation was built.

**Keywords:** Pathological manifestation. Building Inspection. Case study. Foundation overhang. Diagnosis.

## 1 INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia na construção civil faz com que as casas, prédios e obras de artes especiais sejam edificados de forma cada vez mais acelerada. E apesar do benefício do tempo, muitas dessas construções falham nas execuções dos projetos e da própria obra, através de métodos ditos erroneamente “mais fáceis” e com menores custos, e que, inicialmente, aparentam serem eficazes. Porém, com o passar do tempo, as manifestações patológicas começam a causar incômodos aos usuários dessas edificações, o que faz necessária investigação das causas das anomalias.

O presente artigo tem como objetivo geral diagnosticar as causas das manifestações patológicas nos sistemas construtivos da edificação do estudo de caso. E seus objetivos específicos tratam-se de investigar o aparecimento de fissuras, o

surgimento de desníveis e a perda de desempenho das esquadrias da edificação, assim como classificar o estado crítico da mesma.

Para isso, a realização do estudo de caso procedeu-se através do uso de métodos de inspeção predial, de acordo com as necessidades da edificação estudada.

A edificação em análise está localizada na Rua 12, Chácara 153, lote 25 no Setor Habitacional Vicente Pires – Taguatinga/ DF. Vale ressaltar que a chácara possui acesso pelas ruas 12 e 10.

O presente trabalho foi então estruturado nas seguintes seções: na seção dois explica-se o histórico da edificação com as subseções aterro no terreno vizinho e lixão de Vicente Pires; na seção três tem-se a fundamentação teórica; na seção quatro apresenta-se a metodologia de inspeção; na seção cinco expõe-se a análise de dados e a subseção registros fotográficos pela câmera térmica Flir One; na seção seis tem-se a conclusão; e na seção sete tem-se as recomendações.

## **2 HISTÓRICO DA EDIFICAÇÃO**

De acordo com os proprietários da edificação, a mesma foi construída há dez anos por um construtor, que nesse trabalho será denominado como construtor 1, que durante a edificação da residência não realizou ensaios geotécnicos no solo, assim como não providenciou projetos referentes a fundação, estrutura, arquitetura e instalações, por exemplo.

Como o construtor 1 não possuía as informações técnicas referentes a residência, isso fez com que esse conhecimento se limitasse ao que os proprietários sabiam sobre a fundação. Ou seja, de acordo com os proprietários da residência foi executada uma fundação indireta do tipo estaca com, aproximadamente, oito metros de profundidade e não existem informações sobre o diâmetro dos furos.

A residência construída é delimitada por um lote de novecentos metros quadrados e trata-se de uma edificação térrea que possui: garagem coberta, hall de entrada, sala de TV, duas suítes, um quarto, um banheiro social, sala de jantar, cozinha e área de serviço. Adjacente a residência, foi construída há dois anos, pelo próprio proprietário, a área da churrasqueira que possui despensa e banheiro social,



que é considerada uma extensão da casa. Além disso, o lote possui uma piscina com deck e um depósito térreo que armazena brinquedos para festas infantis.

Em oitiva com o proprietário da residência soube-se que a área da churrasqueira foi construída através de uma fundação direta do tipo bloco de fundação com três metro de profundidade e uma viga baldrame, sem informações adicionais.

**Figura 1:** Vista da edificação



Fonte: Autora

As manifestações patológicas começaram a surgir quando, aproximadamente, há um ano e meio atrás, no terreno vizinho, realizou-se um aterramento de, aproximadamente, um metro e meio de altura em um terreno de novecentos metros quadrados. A primeira reação da edificação ao receber um volume de solo tão alto em seus arredores foi o fissuramento em várias localidades da casa, e então percebeu-se a dificuldade em abrir as esquadrias e também o surgimento de desníveis em algumas localidades do piso.

A situação foi agravada no momento em que a água de intempéries começou a percolar pelas fissuras, inundando um dos cômodos da casa e quando a casa começou a emitir sons de estalos na estrutura que são ouvidos, principalmente, durante a noite. Apreensivos com a situação da residência, os proprietários acionaram a Subsecretaria de Estado de Proteção e Defesa Civil do Distrito Federal – SUPROD/DF que notificou o proprietário da casa através do termo de notificação.

## 2.1 Aterro no terreno vizinho

Como já foi dito anteriormente, as fissuras presentes na residência começaram a surgir após a realização de um aterro no lote ao lado. De acordo com o proprietário da residência em análise, foram usados cento e dez caminhões do tipo truco com solo para a realizar o aterro, como ilustra a figura 2.

Através de diálogo com os envolvidos soube-se que após aparecimento das fissuras, os proprietários da casa tiveram uma conversa com o construtor (que será denominado construtor 2) do lote ao lado, o qual justificou que por precaução, resolveu construir um muro de arrimo no perímetro do lote após a realização do aterro, conforme mostra a figura 3.

Figura 2: Solo para realização de aterro em terreno



Figura 3: Escavação no lote vizinho para realização de muro de arrimo



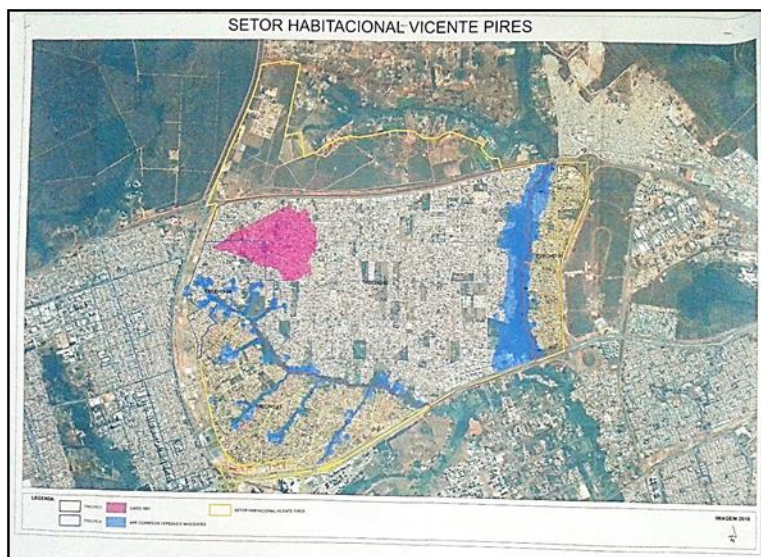
Fonte: Autora

O lote aterrado tornou-se responsabilidade do construtor 3, o qual edificou uma residência sobre o terreno, recentemente finalizada.

## 2.2 Lixão de Vicente Pires

O mapa da figura 4, abaixo, foi fornecida pelo setor de obras da Administração de Vicente Pires. Nele é indicado o local onde se despejava o lixo da região há vinte oito anos atrás.

**Figura 4:** Mapa do lixão do Setor Habitacional Vicente Pires



Fonte: Adm SHVP

A mancha rosa na imagem mostra o local que era feito de lixão em Vicente Pires, antes do processo de invasão que houve na localidade.

De acordo com o mapa, as chácaras afetadas se encontram nas ruas sete, oito, dez e doze do Setor Habitacional Vicente Pires, e é possível observar que a edificação em análise se localiza na área contaminada.

## 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Após a realização da anamnese da edificação souberam-se que os principais motivos para a ocorrência das manifestações patológicas estavam na fundação da

edificação e no solo da região, fazendo-se necessário o estudo sobre recalque de fundação.

Tem-se como recalque, o deslocamento vertical e para baixo da fundação de uma edificação em relação a cota da superfície, devido à deformação do solo, que pode ocorrer: por perda de volume do solo e/ou por mudança de forma do solo.

Velloso e Lopes (2010, p. 85) afirmam:

(...) que uma fundação, ao ser carregada, sofre recalques que se processam, em parte, imediatamente após o carregamento e, em parte, com o decorrer do tempo. O recalque que ocorre imediatamente após o carregamento é chamado de recalque instantâneo ou imediato.

Os recalques que ocorrem ao decorrer do tempo são definidos por Alonso (1991, p. 24) da seguinte maneira:

“O recalque absoluto é definido pelo deslocamento vertical descendente de um elemento de fundação. A diferença entre os recalques absolutos de dois quaisquer elementos da fundação denomina-se recalque diferencial.”

Em relação a gravidade desses tipos de recalque, Rodarte (2007, p. 09) afirma que os recalques absolutos elevados são aceitáveis quando possuem a mesma grandeza, mas os recalques diferenciais são mais críticos, principalmente quando as diferenças entre os recalques absolutos forem maiores.

Segundo Alonso (1991, p. 25), “O recalque diferencial impõe à estrutura que, dependendo de sua magnitude, poderão acarretar fissuras na mesma”. O recalque distorcional que também é denominado por distorção angular “é a relação entre o recalque diferencial e a distância entre os elementos de fundação”, de acordo com Bittencourt (p. 04)

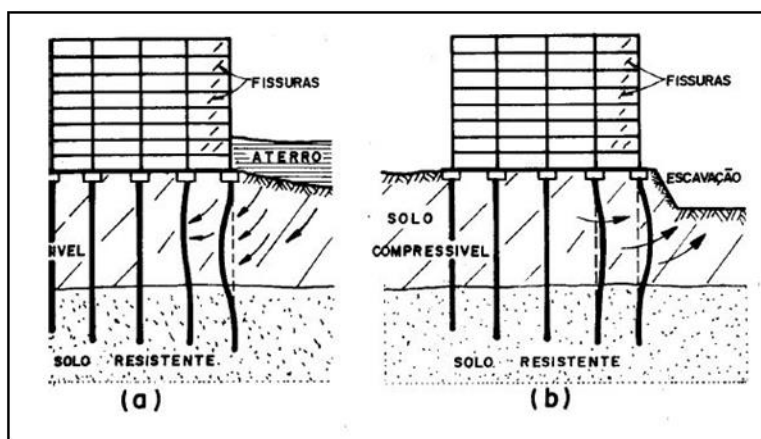
Recalques diferenciais com distorção angular podem causar fissuras na estrutura da edificação, mas além das fissuras outros problemas podem ser acarretados, conforme afirma Bittencourt (p. 07): Problemas visuais; Problemas nas esquadrias (dificuldade ao abrir); Esforços internos alterados; Problemas arquitetônicos e estruturais.

Além disso, Bittencourt (p. 03) também cita outras situações que podem acarretar em recalque de fundação: Aplicação de cargas estruturais; Rebaixamento o NA; Colapso do solo devido à inundação; Inchamento de solo expansivo; Deterioração estrutural da fundação.

Carvalho (p. 30) explica as características das fissuras com origem nas fundações: Fissura que se estende até o terreno de apoio das fundações; Fissuras que surgem nas duas faces da parede; Fissuras na angulação de 45°; Fissuras ativas (com variação de espessura).

As figuras a seguir ilustram circunstâncias que podem causar recalque em uma edificação:

**Figura 5:** Situação de recalque devido à movimentação de solo vizinho



Fonte: Carvalho, p. 99

A figura 5 ilustra a ocorrência de recalque em uma edificação devido a movimentação da massa de solo em duas situações distintas: aterro e escavação. Milititsky, Consoli e Schnaid (2008, p. 135) afirmam que construções de grande porte ou estocagem de materiais pesados junto a edificações com fundações diretas ou profundas leve, ocasionam super-posições de pressões e recalques adicionais na edificação existente.

As figuras 6 e 7 mostram uma configuração de fissura que ocorrem devido ao recalque.

Figura 6: Fissuras nas esquadrias devido ao recalque de fundação em solo heterogêneo

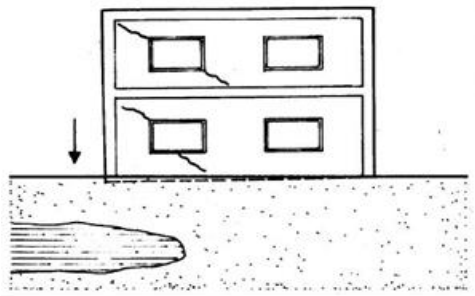
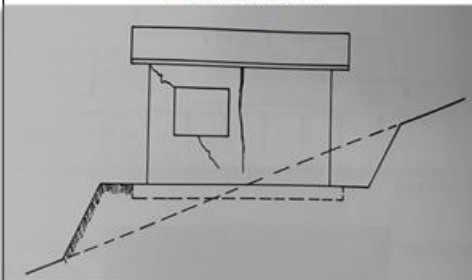


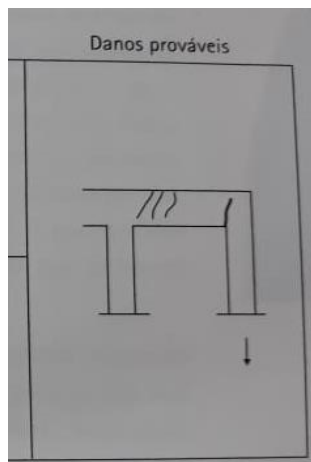
Figura 7: Fissuras na esquadria devido a seção de corte e aterro



Fonte: Thomaz, 1989, p. 96-97.

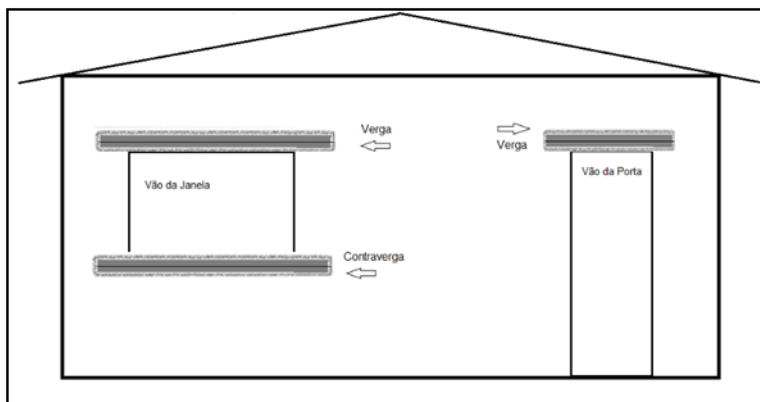
A figura 8 exemplifica um caso de fissura estrutural que é gerada devido a problemas de recalque.

**Figura 8:** Fissura estrutural entre viga e pilar devido à problemas na fundação



Fonte: Thomaz, 1989, p. 95

Além das fissuras de origem de fundação, existem outras fissuras que podem ser causadas devido à falta de vergas e contra-vergas nas esquadrias das edificações. A figura a seguir, mostra onde devem ser instaladas as vergas e contra-vergas:

**Figura 9:** Esquema de vergas e contra-vergas

Fonte: Blog Doutor Resolve

A ABNT NBR 8545/1984 diz que “sobre o vão de portas e janelas devem ser moldadas ou colocadas vergas. Igualmente sob o vão da janela ou caixilhos diversos devem ser moldadas ou colocadas contra-vergas.”

Através da análise tátil-visual do solo da região foi possível constatar que trata-se de um latossolo vermelho.

Algumas características interessantes do Latossolo da região do DF, conforme Reatto (2004): São solos altamente intemperizados; São predominantemente residuais; Possuem teor de silte variando de 10% a 20% e o teor de argila variando de 15% a 80%; Possuem alta permeabilidade de água.



**Figura 9:** Classificação visual do solo da região



Fonte: Proprietário da casa

O latossolo é formado por silte e argila, sendo que a concentração de argila é maior do que a de silte. De acordo com a NBR 6502 (1995) o silte possui partículas com diâmetro variando de 0,002mm a 0,06mm, enquanto a argila possui os grãos menores que 0,002mm. Os solos em que uma fração não pode ser vista a olho nu, com predominância de argila e silte, também podem ser chamados de solos finos (NBR 6484, 2001).

O Sistema Unificado de Classificação dos Solos – SUCS é um modo geral de classificar os tipos de solo quanto à sua qualidade, esse esquema é o aperfeiçoamento do método criado por Arthur Casagrande na década de 1940 para uso em aeroportos. Através desse método classifica-se as propriedades do solo e outras características fundamentais, e pode-se dizer que solos finos tendem a se comportar de regular a mal em situações com presença de água, comprometendo: a permeabilidade do solo quando compactado; a resistência do solo compactado e saturado; o volume do solo saturado ao receber uma pressão externa; a estabilidade da fundação edificada nesse tipo de solo; entre outras características.



Para ter uma precisão maior quanto às características do solo, é ideal que seja feita uma sondagem a percussão do tipo SPT podendo verificar os seguintes itens, de acordo com Carvalho (p. 10): Nível d'água; Qualificação do solo (argila, silte, areia, pedregulho...); Resistência do solo (nº SPT); Cota da boca do furo de sondagem e locação em planta; Interpretação geotécnica do terreno; Entre outros.

## **4 METODOLOGIA DE INSPEÇÃO**

Para a avaliação das manifestações patológicas foram coletadas informações seguindo as seguintes etapas:

- Visita técnica ao local da ocorrência para realização de inspeção visual, coleta de registros fotográficos, captura de fotos térmicas e anamnese da situação da edificação;
- Medição das fissuras com paquímetro, com esquadro 30°/60°/90° e com esquadro 45°/45°/90°;
- Teste de caimento em pisos fissurados;
- Teste de desempenho das esquadrias de correr e de abrir;
- Diálogo investigativo com os proprietários envolvidos;
- Avaliação dos dados coletados.

Vale esclarecer que é essencial a realização de um Ensaio Geotécnico do tipo SPT – Ensaio de Sondagem à Percussão, para que haja um diagnóstico preciso quanto às manifestações patológicas existentes, mas os proprietários da edificação em estudo não conseguiram custear o valor da sondagem.

## **5 AVALIAÇÃO DOS DADOS**

Ao avaliar os locais e posições onde as fissuras ocorrem, é possível ter uma noção em quais localidades da residência ocorreram o recalque. A figura a seguir mostra as regiões da casa com provável recalque.

**Figura 10:** As formas em vermelho indicam os locais com provável recalque



Fonte: Google Maps

Na figura 10, a demarcação em preto determina o limite do lote da residência analisada, e as demarcações em vermelho, são os locais com possíveis recalques.

Ao analisar as características das manifestações patológicas é possível relacioná-las aos estudos realizados no solo da região, assim como no histórico de obras ocorrido no terreno vizinho, e, também, nas informações sobre as dimensões da fundação da residência e da área da churrasqueira.

As figuras a seguir, mostram fissuras que apareceram em uma das suítes da casa. Esse local foi demarcado na figura 10 em formato oval.

Figura 11: Fissuras surgindo da esquadria do quarto



Figura 12: Ampliação da fissura mostrada na figura 11



Fonte: Autora

Figura 13: Mesma esquadria da figura anterior com fissura saindo de outro vértice da esquadria



Figura 14: Fissura em outra parede do quarto vista externamente



Fonte: Autora

Figura 15: Rebaixo de piso visível abaixo da fissura da figura 14



Figura 16: Ampliação da fissura 15, mostrando o descolamento do piso e perca de rejunte



Fonte: Autora

Figura 17: Fissura da figura 11 vista pela parte interior do quarto



Figura 18: Ampliação da figura 17, com medição da espessura da fissura com um paquímetro



Fonte: Autora

**Figura 19:** Fissura vista do lado interno do quarto surgindo do piso até a esquadria



**Figura 20:** Mesma fissura da figura 19 com confirmação da angulação de 45°

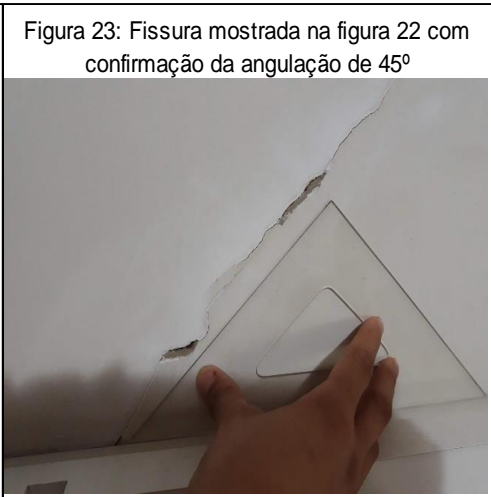
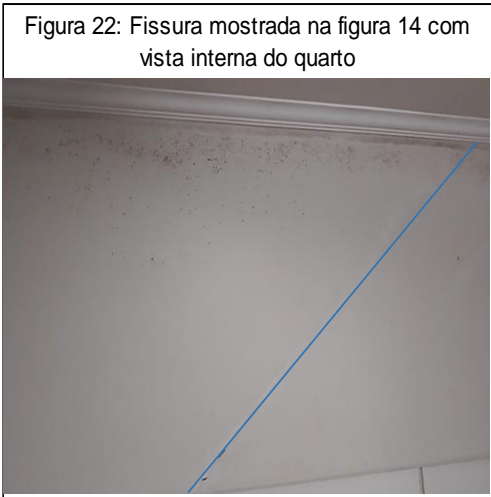


Fonte: Autora

**Figura 21:** Fissura mostrada na figura 13, vista por dentro do quarto

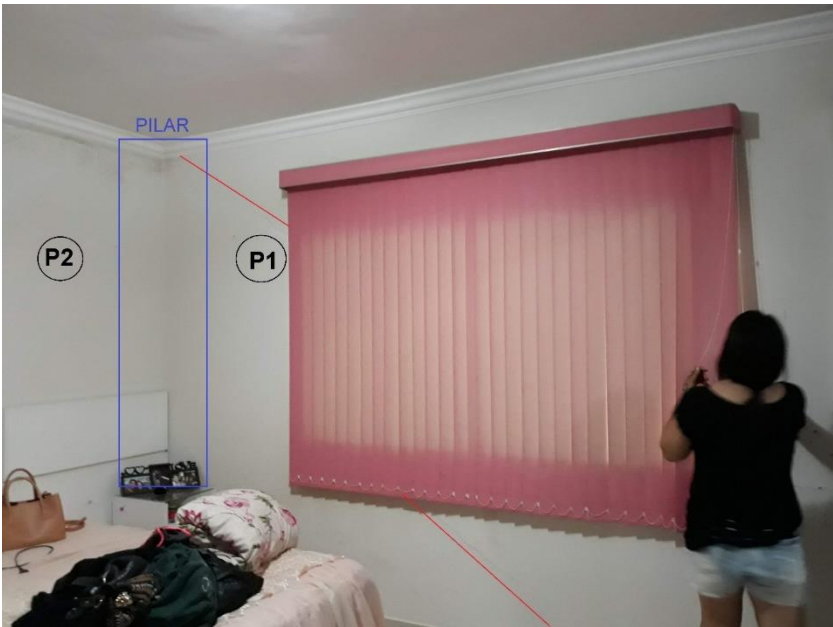


Fonte: Autora



Fonte: Autora

Figura 24: Vista interna do quarto com as fissuras apresentadas anteriormente



Fonte: Autora

As paredes P1 e P2 identificadas na figura 24, tratam-se das paredes onde apareceram as fissuras das figuras anteriores. As figuras 11 e 17, da parede P1, mostram a mesma fissura vista pelas duas faces da parede, sendo que essa característica também ocorre nas figuras 13 e 21, também na parede P1, e nas figuras 14 e 22 da parede P2.

Outra característica bem importante que é possível observar em fissuras com origem nas fundações é a inclinação da fissura em uma angulação de 45°, particularidade encontrada nas fissuras das figuras 20 e 23, em que foi usado um transferidor para medir a inclinação das fissuras.

As figuras 15 e 16 mostram o descolamento do piso em relação a base da casa por esforço de tração, o que fez com que a movimentação no local rompesse o rejunte presente nas juntas das cerâmicas.

As fissuras nas esquadrias da ilustração das figuras 6 e 7 são bem semelhantes às aquelas representadas na esquadria da figura 24, sendo que aquelas são devido à problemas relacionados ao solo, ou seja, é possível que as fissuras da figura 24 tenham sido causadas por motivo semelhante.

É importante salientar que a presença do lixo no solo da região, possivelmente, influenciou na ocorrência do recalque, pois por mais que tenham retirado parte do lixo da região, as “sobras” de lixo mudam as características de parte do solo, devido ao seu comportamento imprevisível.

O recalque absoluto causado na fundação, gerou um recalque diferencial (sintoma: fissuras) em que não se sabe a real magnitude, devido à falta de estudos aprofundados.

Além das fissuras e da ocorrência de infiltração de água no quarto, o recalque diferencial reduziu o desempenho da porta do quarto, ou seja, ao abri-la completamente há um desnível da esquadria em relação ao piso, causado emperramento.

A marcação vermelha e em formato retangular na figura 10 indica que, provavelmente, haja recalque nas estacas daquela região, devido ao posicionamento e quantidade de fissuras ali existentes. Os registros das fissuras na lateral da



edificação foram separados por cômodos: entrada e sala, cozinha, churrasqueira e piscina.

Logo anteriormente a entrada da casa, existe um muro de divisa entre o lote em que ocorreu o aterro e a casa analisada, em que é possível notar que não existe um espaçamento entre a edificação e o muro de divisa. No muro é possível observar fissuras tanto na vertical, assim como inclinadas, de acordo com a figura abaixo:

**Figura 25:** Muro de divisa entre lotes com fissuras



Fonte: Autora

Infelizmente, não é possível analisar o lado oposto do muro, devido a desavenças dos proprietários da casa com os proprietários do lote vizinho. Porém, é bem característico que essas fissuras, assim como as demais, ocorreram devido a um recalque em alguma fundação da proximidade.

As figuras 26 e 27, a seguir, mostram as paredes do hall de entrada e da sala de televisão, respectivamente. Nelas, observa-se que existe uma moldura de gesso decorativo, que foi instalado na parede devido à grande quantidade de fissuras

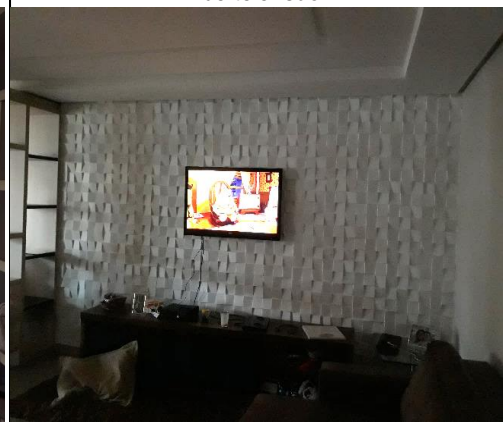


existentes, que causavam poluição visual e danos estéticos. Não existem nenhum tipo de registro fotográfico que mostre essas fissuras anterior a instalação do gesso, mas em oitiva com a proprietária da casa, soube-se que existiam inúmeras fissuras nessas paredes e que, em geral, elas se assemelhavam a teias de aranha e algumas das fissuras eram inclinadas nos dois sentidos possíveis.

Figura 26: Parede com gesso decorativo no Hall de entrada



Figura 27: Parede com gesso decorativo na sala de televisão

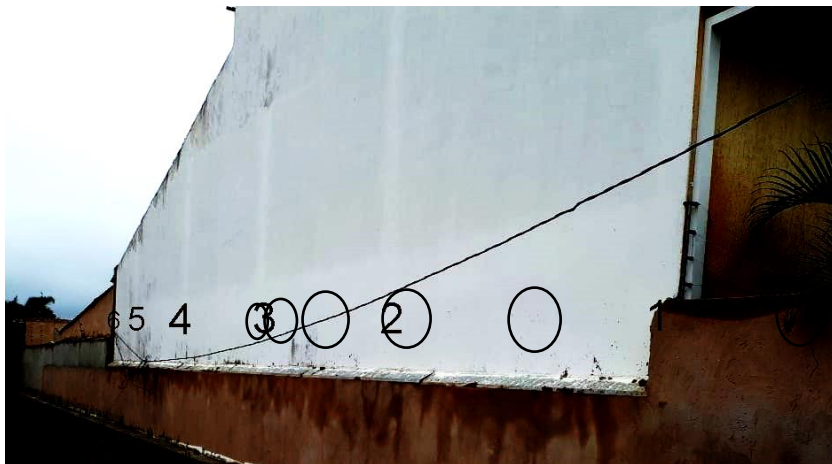


Fonte: Autora

Essas paredes dão continuidade ao muro da figura 25, e por isso é possível que as fissuras que existem atrás do gesso da figura 26 estejam relacionadas ao pilar que existe na extremidade da residência, mais precisamente, entre o muro e a parede da figura 26. O fato de haver fissuras em outras direções, tanto na parede da figura 26 quanto na parede da figura 27, confirma que existem outros pilares naquela região e que assim como o pilar do canto, eles também sofreram algum tipo de recalque.

Na figura 28, em uma imagem do terreno vizinho registrada pelo proprietário da residência estudada na época em que foi construído o muro de arrimo entre lotes, visualiza-se a parede externa da casa, e nela é possível ver a posição dos pilares existentes.

**Figura 28:** Vista externa da edificação e possível posicionamento de pilares



Fonte: Proprietário da casa

As figuras a seguir, são referentes a esquadria da sala, a qual perdeu parte do desempenho devido aos recalques diferenciais na estrutura, fazendo com que a folha de correr da janela tenha dificuldade ao abrir e fechar.

**Figura 29:** Vista da esquadria de correr da sala



**Figura 30:** Fissura na esquadria da sala



Fonte: Autora



Fonte: Autora

As figuras 34 e 35 registram o descolamento do piso em relação ao restante da edificação, próximo a porta de entrada, devido ao esforço de tração causado pelo recalque no pilar ali presente, o que gerou a perca do rejunte na região.



Fonte: Autora

Outro local a ser analisado na lateral da edificação conforme demarcado na figura 10 é a cozinha. As anomalias mais significativas encontradas na região da cozinha, foram vistas surgindo da esquadria, como ilustram as próximas figuras.



Fonte: Autora

A primeira fissura a ser analisada surgiu a um ângulo de 45° internamente e do lado esquerdo da esquadria, conforme a figura 37, e pode estar relacionada com o recalque de um dos pilares mostrados na figura 28. Além disso, é possível ver nas figuras 38 e 39 que é uma fissura que aparece em ambos os lados da alvenaria, uma característica de fissura com origem na fundação.

As paredes P1 e P2 identificadas na figura 24, tratam-se das paredes onde apareceram as fissuras das figuras anteriores. As figuras 11 e 17, da parede P1, mostram a mesma fissura vista pelas duas faces da parede, sendo que essa característica também ocorre nas figuras 13 e 21, também na parede P1, e nas figuras 14 e 22 da parede P2.

Outra característica bem importante que é possível observar em fissuras com origem nas fundações é a inclinação da fissura em uma angulação de 45°, particularidade encontrada nas fissuras das figuras 20 e 23, em que foi usado um transferidor para medir a inclinação das fissuras.

As figuras 15 e 16 mostram o descolamento do piso em relação a base da casa por esforço de tração, o que fez com que a movimentação no local rompesse o rejunte presente nas juntas das cerâmicas.

As fissuras nas esquadrias da ilustração das figuras 6 e 7 são bem semelhantes às aquelas representadas na esquadria da figura 24, sendo que aquelas são devido à problemas relacionados ao solo, ou seja, é possível que as fissuras da figura 24 tenham sido causadas por motivo semelhante.

É importante salientar que a presença do lixo no solo da região, possivelmente, influenciou na ocorrência do recalque, pois por mais que tenham retirado parte do lixo da região, as “sobras” de lixo mudam as características de parte do solo, devido ao seu comportamento imprevisível.

O recalque absoluto causado na fundação, gerou um recalque diferencial (sintoma: fissuras) em que não se sabe a real magnitude, devido à falta de estudos aprofundados.

Além das fissuras e da ocorrência de infiltração de água no quarto, o recalque diferencial reduziu o desempenho da porta do quarto, ou seja, ao abri-la completamente há um desnível da esquadria em relação ao piso, causado emperramento.

A marcação vermelha e em formato retangular na figura 10 indica que, provavelmente, haja recalque nas estacas daquela região, devido ao posicionamento e quantidade de fissuras ali existentes. Os registros das fissuras na lateral da edificação foram separados por cômodos: entrada e sala, cozinha, churrasqueira e piscina.

Logo anteriormente a entrada da casa, existe um muro de divisa entre o lote em que ocorreu o aterro e a casa analisada, em que é possível notar que não existe um espaçamento entre a edificação e o muro de divisa. No muro é possível observar fissuras tanto na vertical, assim como inclinadas, de acordo com a figura abaixo:

**Figura 25:** Muro de divisa entre lotes com fissuras



Fonte: Autora

Infelizmente, não é possível analisar o lado oposto do muro, devido a desavenças dos proprietários da casa com os proprietários do lote vizinho. Porém, é bem característico que essas fissuras, assim como as demais, ocorreram devido a um recalque em alguma fundação da proximidade.

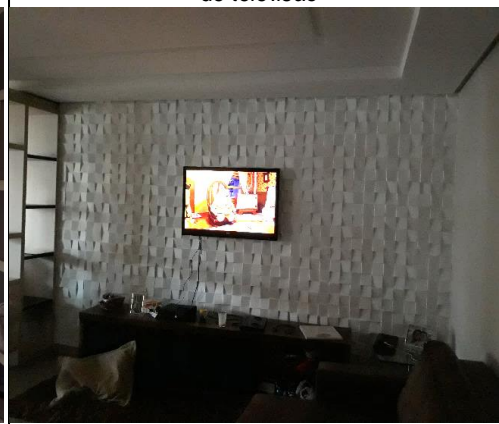
As figuras 26 e 27, a seguir, mostram as paredes do hall de entrada e da sala de televisão, respectivamente. Nelas, observa-se que existe uma moldura de gesso decorativo, que foi instalado na parede devido à grande quantidade de fissuras existentes, que causavam poluição visual e danos estéticos. Não existem nenhum tipo de registro fotográfico que mostre essas fissuras anterior a instalação do gesso, mas em oitiva com a proprietária da casa, soube-se que existiam inúmeras fissuras nessas paredes e que, em geral, elas se assemelhavam a teias de aranha e algumas das fissuras eram inclinadas nos dois sentidos possíveis.



Figura 26: Parede com gesso decorativo no Hall de entrada



Figura 27: Parede com gesso decorativo na sala de televisão

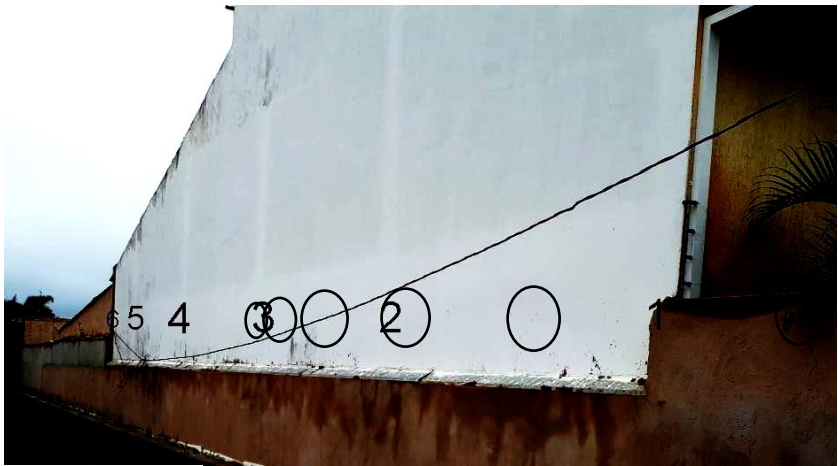


Fonte: Autora

Essas paredes dão continuidade ao muro da figura 25, e por isso é possível que as fissuras que existem atrás do gesso da figura 26 estejam relacionadas ao pilar que existe na extremidade da residência, mais precisamente, entre o muro e a parede da figura 26. O fato de haver fissuras em outras direções, tanto na parede da figura 26 quanto na parede da figura 27, confirma que existem outros pilares naquela região e que assim como o pilar do canto, eles também sofreram algum tipo de recalque.

Na figura 28, em uma imagem do terreno vizinho registrada pelo proprietário da residência estudada na época em que foi construído o muro de arrimo entre lotes, visualiza-se a parede externa da casa, e nela é possível ver a posição dos pilares existentes.

**Figura 28:** Vista externa da edificação e possível posicionamento de pilares



Fonte: Proprietário da casa

As figuras a seguir, são referentes a esquadria da sala, a qual perdeu parte do desempenho devido aos recalques diferenciais na estrutura, fazendo com que a folha de correr da janela tenha dificuldade ao abrir e fechar.



Fonte: Autora





Fonte: Autora

As figuras 34 e 35 registram o descolamento do piso em relação ao restante da edificação, próximo a porta de entrada, devido ao esforço de tração causado pelo recalque no pilar ali presente, o que gerou a perda do rejunte na região.



Fonte: Autora

Outro local a ser analisado na lateral da edificação conforme demarcado na figura 10 é a cozinha. As anomalias mais significativas encontradas na região da cozinha, foram vistas surgindo da esquadria, como ilustram as próximas figuras.

Figura 36: Vista da esquadria da cozinha

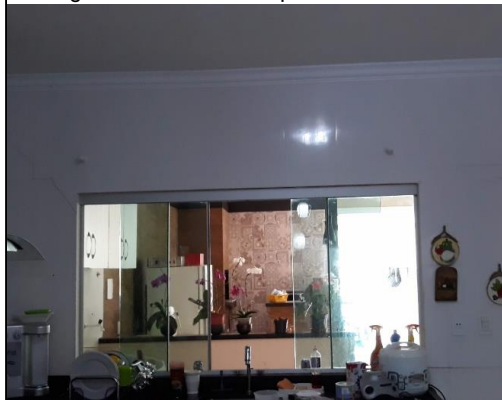


Figura 37: Fissura surgindo da esquadria sendo medida com um esquadro de 45°



Fonte: Autora

A primeira fissura a ser analisada surgiu a um ângulo de  $45^\circ$  internamente e do lado esquerdo da esquadria, conforme a figura 37, e pode estar relacionada com o recalque de um dos pilares mostrados na figura 28. Além disso, é possível ver nas figuras 38 e 39 que é uma fissura que aparece em ambos os lados da alvenaria, uma característica de fissura com origem na fundação.

Figura 38: Detalhe da fissura da figura 37 que se estende para o outro lado da parede



Fonte: Autora

Figura 39: Continuidade da fissura da figura 38, vista pelo lado externo



Figura 40: Vista da figura 39, na presença de microfissuras inclinadas



Fonte: Autora

Nas figuras 39 e 40 é possível ver uma fissura na vertical que se desintegra em várias microfissuras, a medida que se aproxima do solo. Essa fissura surgiu entre a alvenaria e o revestimento cerâmico, ou seja, houve um descolamento do revestimento devido a acomodação do solo, em que a alvenaria acompanhou o recalque da fundação causando as fissuras nos locais mais frágeis.

As próximas figuras mostram uma fissura surgindo do canto da esquadria da porta, que assim como nas anteriores, surge dos dois lados da alvenaria.

Figura 41: Fissura surgindo do vértice da esquadria da porta



Figura 42: Fissura da figura 41 se estende para os dois lados da alvenaria

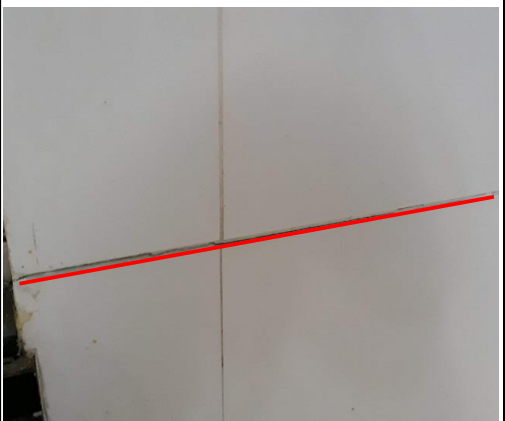


Fonte: Autora

Figura 43: Fissura da figura 41 vista pelo lado externo



Figura 44: Fissura horizontal surgindo na esquadria



Fonte: Autora

As figuras 44 e 45 mostram outra fissura, que se estende pelas duas faces da parede e surgem da esquadria da janela da cozinha.

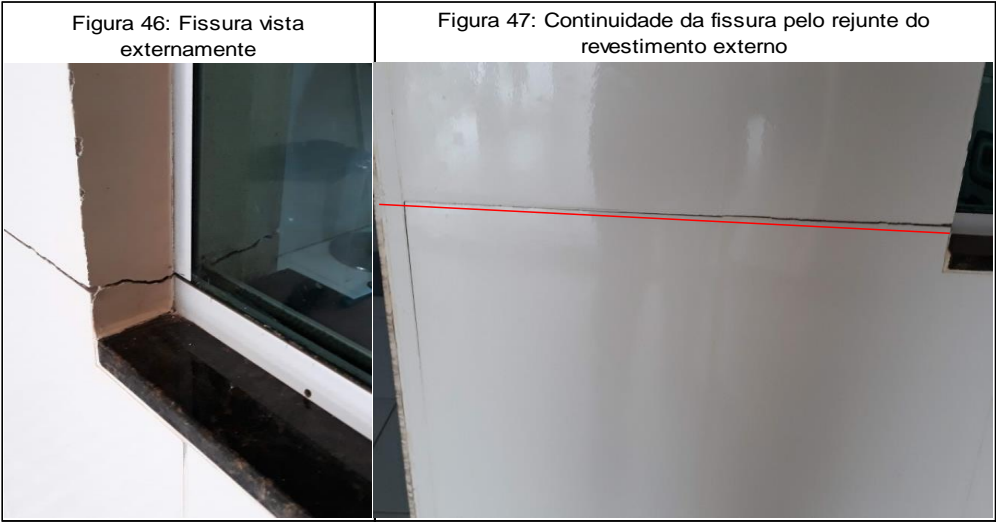
**Figura 45:** Fissura da figura anterior nas duas faces da parede



Fonte: Autora

Nas figuras 44 e 45 acima, a fissura surge próxima ao vértice da esquadria e se estende, internamente, pelo rejunte do revestimento cerâmico da cozinha na horizontal. Isso ocorre, pois o rejunte é o elo mais frágil na região, fazendo com que a fissura pudesse ter outros formatos, na ausência do revestimento.

As figuras abaixo mostram a continuidade da fissura das figuras 44 e 45, só que vista pelo lado externo da cozinha.



Fonte: Autora

Conforme já foi dito, a área da churrasqueira foi construída pelo proprietário da casa há, aproximadamente, dois anos e foi usada uma fundação do tipo direta para executá-la. A figura 48 mostra a vista da churrasqueira, local onde as fissuras surgiram no piso cerâmico do cômodo.



Fonte: Autora

Na figura 49 é possível perceber uma fissura partindo de um pilar na área da churrasqueira. Na figura percebe-se que houve um rebaixamento do piso na localidade, devido ao recalque diferencial entre o pilar mostrado na figura e outro na proximidade do perímetro do terreno. A fissura foi gerada por causa do recalque, fazendo com que o caimento da área da churrasqueira fosse direcionado para o norte da casa, como é possível relembrar na figura 10.

A próxima figura mostra outro local no piso da área da churrasqueira em que surgiu uma fissura com o caimento voltado para as proximidades do muro de divisa. Na figura 50 foi traçada uma linha afim de mostrar o local do aparecimento da fissura.

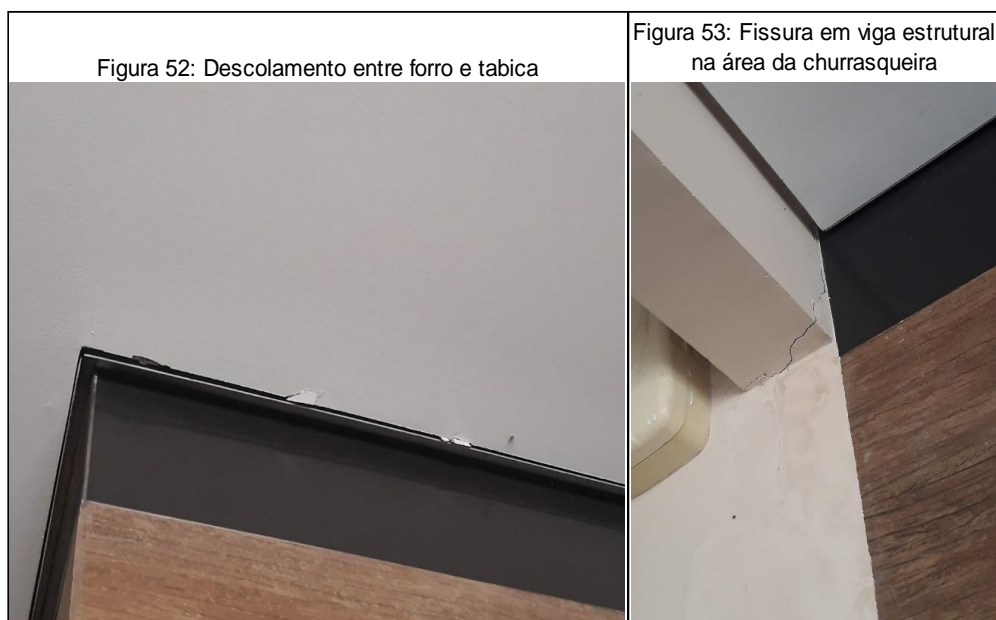


Fonte: Autora

A causa da fissura no piso da figura 50, também foi a diferença entre recalques absolutos, causando um rebaixamento no piso que gerou a fissura e o caimento invertido.

Na figura 52, houve um afastamento da tabica em relação ao forro de gesso acartonado, na área da churrasqueira, devido ao recalque de fundação.





Fonte: Autora

A fissura da figura 53 surgiu em uma viga localizada entre a área da churrasqueira e a área de serviço. Por ser uma peça estrutural, a situação causa preocupação, mas além disso, confirma que é uma fissura típica de recalque de fundação. O esquema apresentado na figura 8, se assemelha bastante ao caso da figura 53, principalmente, ao levar em consideração que esse caso possui característica de um recalque que ocorre em extremidade.

O piso do deck da piscina foi outro local em que foram analisadas as manifestações patológicas. A figura 54 a seguir, mostra a visão geral da piscina, onde já é possível observar algumas fissuras ali existentes.



Figura 54: Vista da área da piscina



Figura 55: Detalhe da fissura na área da piscina



Fonte: Autora

Assim como as fissuras do piso na área da churrasqueira, a área da piscina apresentou a fissura da figura 55 com a mesma característica e na mesma direção e sentido. Na figura 55 é perceptível o desnível na fissura devido ao acomodamento vertical do solo. Assim como nos outros casos citados, isso gerou um caimento em direção ao muro de divisa entre lotes.

A próxima figura mostra outra fissura na área da piscina, em que uma possível pressão negativa no piso cerâmico do deck da piscina gerou a elevação do piso, conforme é possível ver na figura 56.

**Figura 56:** Pressão negativa causou elevação de parte do piso cerâmico



Fonte: Autora

A sucção de água pelo solo pode ocorrer na junta entre piso cerâmico e muro, e o comportamento do solo nessa situação pode se tornar instável, levando em consideração que a pressão negativa altera o comportamento de solos não saturados, como afirma Lopes (2006, p. 44).

A ação vertical que ocorreu no solo também causou o descolamento da alvenaria em relação aos caibros do telhado, conforme mostra a figura 57:

**Figura 57:** Descolamento da estrutura da casa em relação ao telhado



Fonte: Autora

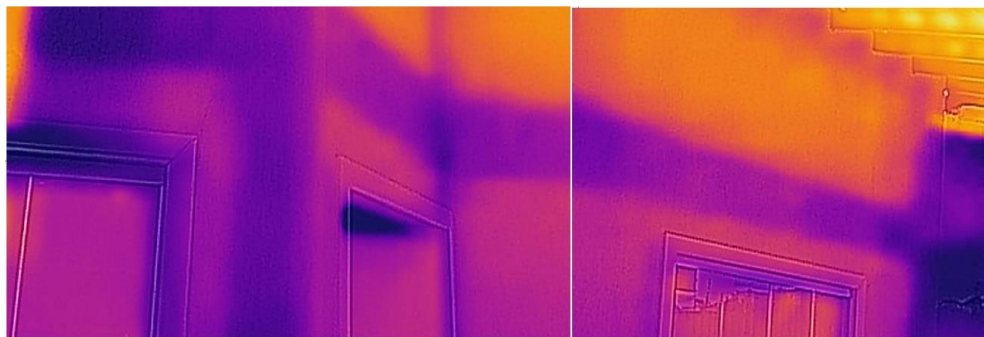
Na figura 10, a demarcação retangular indica que toda a lateral da edificação sofreu fissuramento em alguma localidade devido aos recalques diferenciais. O lote onde ocorreu o aterro, como já foi dito, também é mostrado na figura 10. A figura 5 mostra uma situação bem semelhante a que ocorreu na lateral da edificação, ou seja, o aterro causou uma super-posição de pressão no solo, o que causou interferência no bulbo de tensão gerado pela fundação da residência analisada. Além disso, a escavação que ocorreu, para a construção do muro de arrimo, figura 3, também pode ter prejudicado a fundação, levando em conta que essa escavação ocorreu bem próximo dos pilares laterais da residência, os quais podem ter sofrido influencia como exemplifica a figura 5.

## 5.1 Registros fotográficos pela câmera térmica Flir One

Abaixo, seguem figuras que foram registradas com a câmera térmica Flir One e nelas é possível ver as peças estruturais da edificação e alguns locais com presença de infiltração.

A figura 58 foi registrada da câmera térmica Flir One, ela mostra a localização do pilar, conforme demarcado, que pode ter sofrido uma movimentação vertical de recalque, devido aos sintomas vistos nas suas proximidades, assim como mostra o pilar da figura 24 demarcado na figura 58.

**Figura 58:** Vigas e Pilares visualizados pela câmera térmica Flir

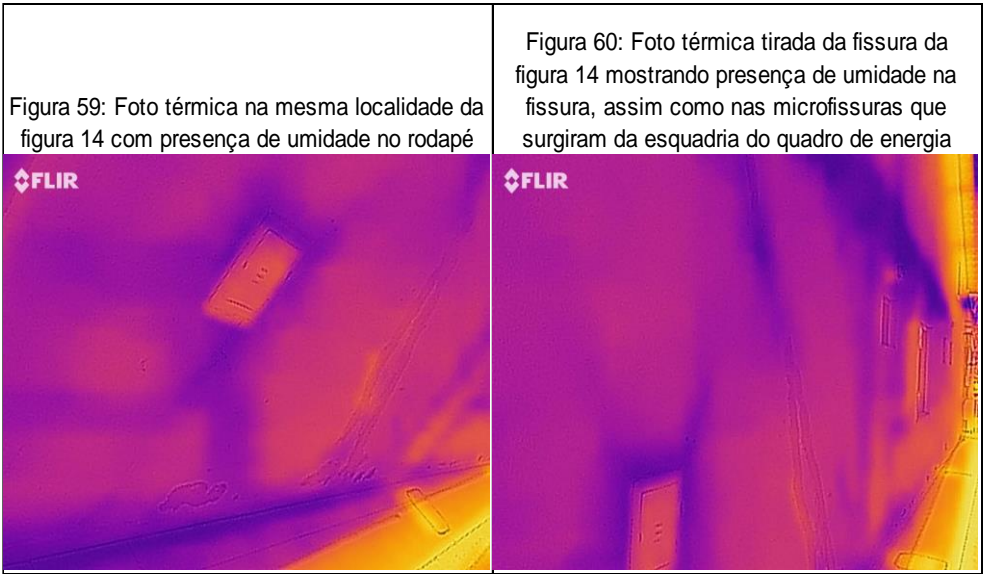


Fonte: Autora, Flir One

Além disso, a figura 58 também mostra a inexistência de vergas acima das esquadrias, elemento estrutural fundamental conforme figura 9 e a ABNT NBR 8545/1984. Nos casos dessa residência, a falta de verga aumentou e agravou o número de fissuras existentes devido ao recalque, mas é possível dizer que parte dessas fissuras podem ter sido causadas somente pela ausência de vergas e contra-vergas.

O fato de existir um pilar nessa extremidade, conforme a demarcação da figura 58, confirma a existência de uma peça de fundação nessa localidade, que devido ao posicionamento das fissuras e suas demais características, validam a ocorrência de um recalque de fundação naquela localidade.

Além das fissuras, o recalque ocorrido na estrutura do quarto gerou outras manifestações patológicas, como por exemplo, mofo e bolor presentes na figura 22. Mofo e bolor ocorrem na presença de umidade, e levando esse fato em consideração, usou-se a câmera térmica Flir One para registrar as infiltrações presentes na parede da figura 22, do lado externo.



Fonte: Autora, Flir One

O quarto que ocorre alagamento em dias chuvosos pode ser visualizado na figura 24. A água que causa o alagamento é infiltrada pelas fissuras mostrada nas fotos térmicas das figuras 59 e 60, assim como na figura 22.

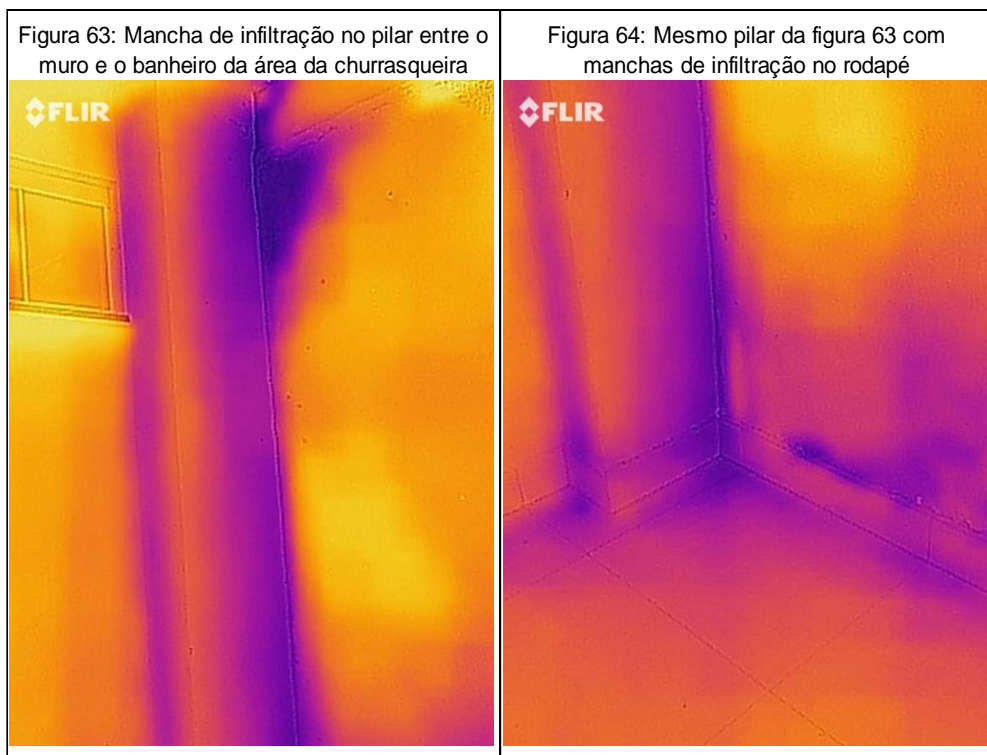
A figura 61 mostra uma mancha de infiltração na área de lavanderia da casa e é possível ver uma mancha semelhante na figura 62, a qual trata-se da área da churrasqueira.



Fonte: Autora, Flir One

As figuras 63 e 64 mostram manchas de infiltração em um pilar na área da piscina da residência.





Fonte: Autora, Flir One

Conforme já foi dito, a residência em análise não possui um afastamento adequado do muro vizinho, e isso fez com que a água das chuvas infiltrasse pela lateral da casa, devido à falta de um método de vedação e escoamento adequado. Apesar de não ser a causa principal da ocorrência de recalques, a presença indevida da água acelera e agrava a manifestação patológica em questão.

## 6 CONCLUSÃO

As características das fissuras, perda de desempenho das esquadrias e o desnivelamento em algumas partes do piso dão sinais claros da existência recalques absolutos nos elementos de fundação da estrutura, porém a não uniformidade desses recalques absolutos geraram recalques diferenciais em vários locais da edificação, principalmente em esquadrias e juntas, pois são considerados locais com maior fragilidade.

Um diagnóstico preciso, nesse tipo de caso, exige que seja realizada uma sondagem geotécnica do tipo SPT. Mas como trata-se de um caso judicial, será necessário um veredito para poder avançar na investigação.

Uma outra situação que dificultou uma melhor investigação do caso, foi o fato de não haver projetos estruturais e de fundação, impedindo a realização de um mapeamento de pilares.

O risco das manifestações patológicas analisadas é considerado crítico, pois provoca danos contra a saúde e segurança das pessoas e/ou meio ambiente, além de ter causado um aumento de custos nos reparos e comprometimento sensível de vida útil.

## 7 RECOMENDAÇÕES

Por fim recomenda-se como ação imediata a execução dos seguintes procedimentos:

- Realização de Sondagem à Percussão – SPT;
- Por precaução, escoramento da viga fissurada, apresentada na figura 53;
- Deslocamento temporário da cabeceira da cama do quarto afetado, para realizar o tratamento temporário das fissuras para evitar a entrada de água na edificação.

## REFERÊNCIAS

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Previsão e controle das fundações**. São Paulo: Edgard Blücher. 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484: Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio**. Rio de Janeiro. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502: Rochas e solos**. Rio de Janeiro. 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8545: Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos - Procedimento**. Rio de Janeiro. 1984.

BITTENCOURT, Douglas M. A. **Recalques e movimentos na estrutura**. Goiás: PUC/GO. 25 slides.

BLOG DO DOUTOR RESOLVE. **Vergas e contra vergas**. Disponível em: <<http://blog.doutorresolve.com.br/2017/10/vergas-e-contra-vergas/>>. Acesso em: 06 de março de 2019 às 11:40h.

CARVALHO, Luis Fernando Meirelles. **Curso Patologia das Fundações**. São Paulo: Meirelles Carvalho Engenharia e Projeto S/C Ltda. 194 slides.

LOPES, Maria Bernadete Luciano. **Influência da sucção na resistência ao cisalhamento de um solo residual de filito de Belo Horizonte, MG**. Rio de Janeiro: PUC/Rio, 2006.

MILITITSKY J., CONSOLI C. N., SCHNAID F. **Patologia das Fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

REATTO, Adriana et al. **Mapa pedológico digital - SIG atualizado do Distrito Federal Escala 1:100.000 e uma síntese do texto explicativo**. Documentos, Planaltina, DF, n. 120, p. 1-31, jun. 2004. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/566388/1/doc120.pdf>>. Acesso em: 12/11/2018.

RODARTE, Luciano Serra. **Estimativa de deslocamentos verticais de fundações por tubulões em edifícios assentados no solo da cidade de Lavras, MG**. Lavras: UFLA, 2007.

VELLOSO A. D., LOPES R. F. **Fundações: Critérios de projeto, Investigação do subsolo, Fundações superficiais, Fundações profundas**. São Paulo: Oficina de Textos. 2010.



# IDENTIFICAÇÃO DE ANOMALIAS DE INFILTRAÇÃO EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR: ESTUDO DE CASO

## IDENTIFICATION OF INFILTRATION ANOMALIES AND PROPOSAL OF MAINTENANCE IN A RESIDENCE OF THE SINGLE FAMILY: CASE STUDY

Júlia Cunha Vasconcelos<sup>1</sup>  
Irene de Azevedo Lima Joffily

### RESUMO

Este trabalho ressalta a importância da execução de manutenções em residências unifamiliares e utiliza a metodologia de estudo de caso para demonstrar anomalias de infiltrações que surgem decorrentes de falhas em projetos, em má execução, em falta da correta manutenção e/ou em mau uso. O estudo de caso possui como espaço amostral uma residência unifamiliar situada no Setor de Mansões Dom Bosco, na Região Administrativa Lago Sul, em Brasília/DF. O trabalho identifica diferentes tipos de anomalias de infiltrações pré-existentes na residência estudada, que são recorrentes em residências unifamiliares. Como resultado indica possíveis soluções para as anomalias encontradas no estudo de caso e indica a prioridade de tratamento de cada anomalia com base na metodologia GUT para o cálculo de gerenciamento de risco. Entre as anomalias identificadas, a anomalia de maior ocorrência foi de descolamento com empolamento e as anomalias endógenas foram as mais frequentes no estudo de caso, com 69% de incidência, sendo 38% puramente endógenas e 31% endógenas e falhas de uso e manutenção.

**Palavras-chave:** Anomalias. Residências. Infiltração. Manutenção.

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Projeto Execução e Manutenção de Edificações, sob orientação do Prof. MSc. Irene de Azevedo Lima Joffily

## ABSTRACT

This paper summarizes and emphasizes the importance of maintenance work in single-family homes and uses the methodology of case study to demonstrate infiltration anomalies that arise due to project failures, poor execution, lack of correct maintenance and/or misuse. The discussion will be held using the example of a single-family residence located in the Dom Bosco Mansions Sector, in the Lago Sul Administrative Region, Brasília/DF. The paper identifies different types of infiltration problems that already existed in the analysed residence, which are recurrent anomalies in single-family homes. As a result it indicates possible solutions to the anomalies found in the case study and indicates the priority of treatment for each anomaly based on the GUT methodology for the calculation of risk management. Among the identified anomalies, the most frequent anomaly was blistering detachment and the endogenous anomalies were the most frequent in the case study, with 69% incidence, being 38% purely endogenous and 31% endogenous and use and maintenance failures.

**Keywords:** Anomalies. Residences. Infiltration. Maintenance.

## 1 INTRODUÇÃO

A sociedade brasileira está acostumada a executar a manutenção de automóveis, seja pela obrigatoriedade para se manter a garantia do veículo ou para mitigar os riscos de acidentes e/ou quebras de peças. Porém, a manutenção de edificações tem sido negligenciada há anos pela maioria dos brasileiros, seja por falta de conhecimento, ou por falta de programação financeira, por ser um custo que as pessoas não preveem ao comprar um imóvel.

A manutenção é o “conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes para atender as necessidades e segurança dos seus usuários.” (NBR 5674, 1999, p.2)

A ausência de manutenções em edificações pode trazer em si um pequeno impacto em curto prazo, caso a edificação tenha sido construída por profissionais legalmente capacitados, porém pode permitir o surgimento de anomalias que trazem riscos à integralidade do imóvel, à estética e até à saúde de seus habitantes e de sua vizinhança caso não tratados em tempo. As anomalias de infiltração, por exemplo, são muito usuais e podem ser oriundas de falhas em manutenção, projeto e/ou execução.

Estas infiltrações podem trazer muito prejuízo à durabilidade das construções e à saúde de seus habitantes devido à umidade favorecer a contaminação dos ambientes com fungos. Além de que, as infiltrações podem acarretar em problemas graves degradando a estrutura das edificações até de seus alicerces, trazendo graves riscos inclusive de desabamento.

Apesar de ser um problema grave que afeta a diversos tipos de edificações, o foco desta pesquisa se ateve ao estudo de caso de uma residência unifamiliar, visto que foi notada uma lacuna nesta área, provavelmente porque durante sua construção os proprietários normalmente são os gestores e contratantes diretos e há muita informalidade em suas execuções, porém estas informalidades não eximem os profissionais de suas responsabilidades e as rotinas de prevenções continuam sendo fulcrais para a durabilidade e qualidade destas edificações.

Para a elaboração deste artigo, foi realizado um estudo de caso onde foi estudado o cenário de uma residência unifamiliar situada no Setor de Mansões Dom Bosco, na Região Administrativa Lago Sul, em Brasília/DF. Ela foi escolhida por possuir diferentes formas de infiltrações. Ao longo de três meses, foram realizadas visitas técnicas, com o objetivo de realizar inspeções prediais e entrevistar os proprietários. Concomitante com as visitas, foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica buscando suporte acadêmico e técnico para as análises realizadas.

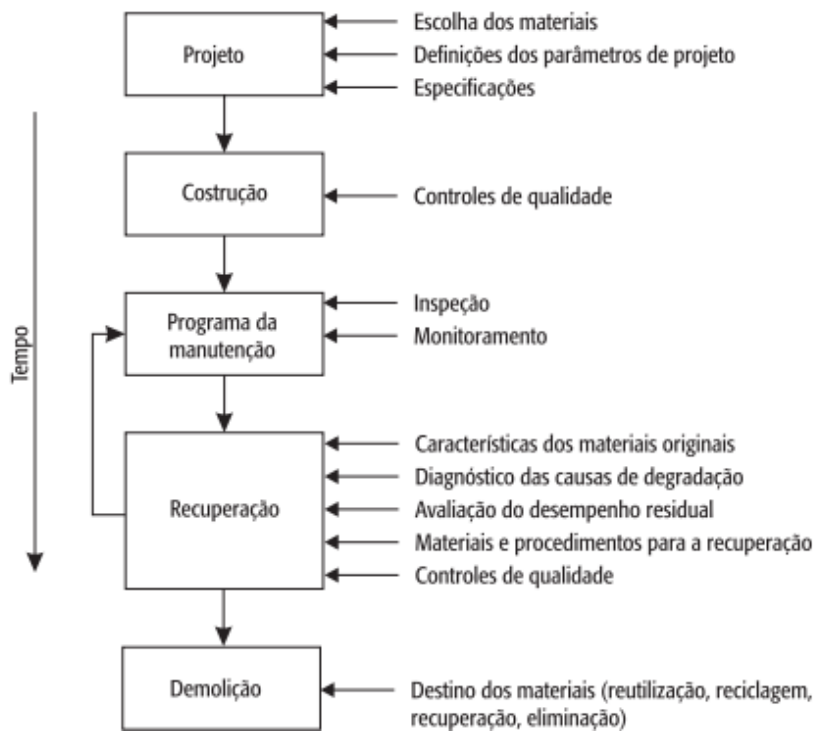
Com este trabalho pretende-se identificar diferentes tipos de anomalias de infiltrações pré-existentis no estudo de caso e que podem ser recorrentes em residências unifamiliares, para se indicar possíveis soluções para estas anomalias.

Para atingir maior eficiência e eficácia na administração de uma edificação ou de um conjunto de edificações, é necessária uma abordagem fundamentada em procedimentos organizados em um sistema na gestão da manutenção, segundo uma lógica de controle de qualidade e de custo. (NBR 5674, 2012, p.4)

Devido à necessidade de se identificar e pesquisar sobre as anomalias usuais encontradas em residências unifamiliares sugere-se o foco para as anomalias oriundas de infiltrações, pois estas são frequentes e podem impactar diretamente na segurança estrutural, na saúde de seus usuários e na estética.

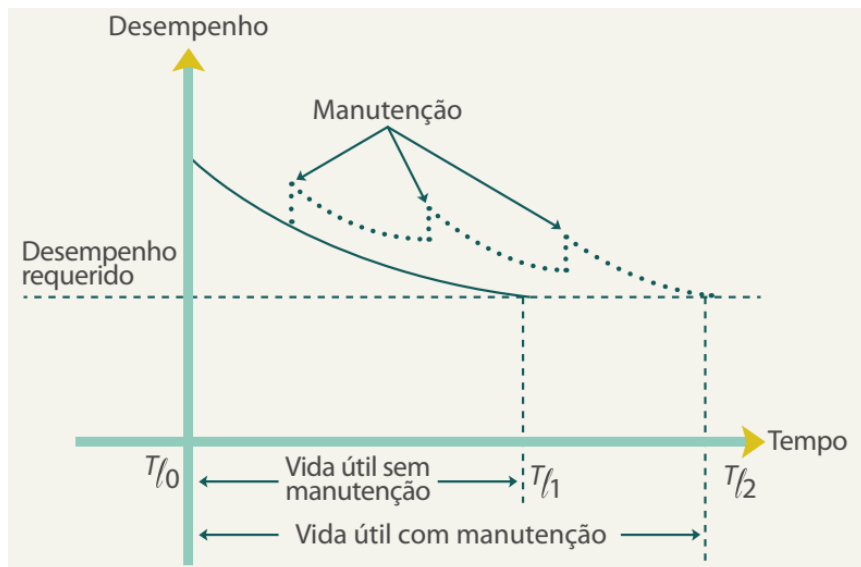
A figura 1 demonstra um fluxograma para definir as fases da vida de uma construção ao longo do tempo, o que sugere que é necessário um programa de manutenção com inspeção e monitoramento para se definir recuperações para prolongar a vida útil de uma construção.

**Figura 53** Fases da vida de uma construção e papel do material



**Fonte:** Bertolini (2010, p. 35)

O Gráfico 2 demonstra que, ao decorrer do tempo, um edifício sofre perda de desempenho e que o prazo para se chegar ao limite mínimo do desempenho esperado pode ser prolongado se, ao longo desta vida útil, forem realizadas as devidas manutenções.

**Gráfico 3**– Relação do desempenho com o tempo e a execução de manutenções

Fonte: NBR 15575-1 (2013 apud Desempenho de Edificações Habitacionais – CBIC, 2013)

Vida útil (VU) – Período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando a periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção (a vida útil não pode ser confundida com prazo de garantia legal e certificada). (NBR 15575-1, 2013, p. 10)

Este estudo tem por objetivo levantar anomalias de infiltração e umidade e proposição da correção destas anomalias em uma residência unifamiliar.

A partir do objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar necessidades e soluções para anomalias em um estudo de caso com verificações *in loco*;
- Sugerir a ordem de prioridade para se executar as manutenções das anomalias encontradas utilizando a metodologia GUT;

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Inspeção Predial

Para a correta identificação das anomalias em uma residência é necessário um método para se inspecionar e avaliar o estado e conservação do local. No Brasil existe o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia Nacional (IBAPE Nacional) – e os IBAPES estaduais que possuem como missão a promoção e desenvolvimento das áreas de conhecimento em avaliações, perícias e inspeções de engenharia, congregando profissionais e empresas interessadas nessas disciplinas.

A Norma de Inspeção Predial – IBAPE NACIONAL (2012, p.5), define Inspeção Predial como sendo a análise isolada ou combinada das condições técnicas, de uso e de manutenção da edificação. Esta norma classifica a inspeção predial em nível 1, nível 2 ou nível 3 de acordo com complexidade e elaboração de laudo, consideradas as características técnicas da edificação, manutenção e operação existentes e necessidade de formação de equipe multidisciplinar para execução dos trabalhos. A Cartilha Inspeção Predial – IBAPE SP (2012, p.14) resume a definição dos níveis de Inspeção Predial como sendo:

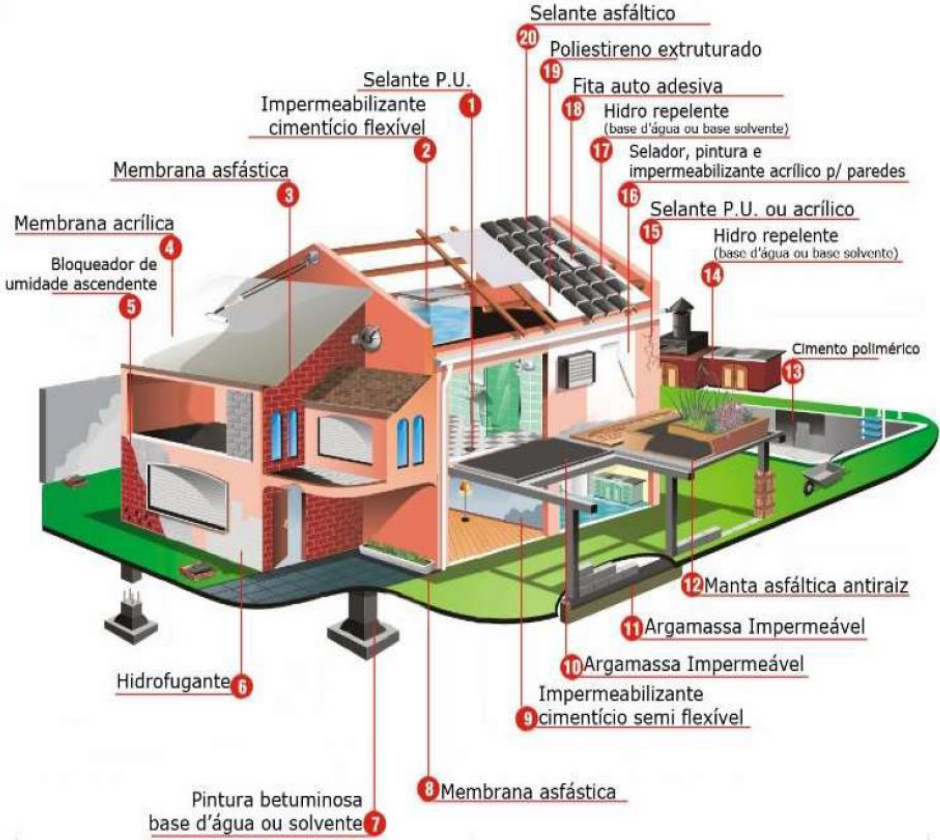
Nível 1: para edificações mais simples, normalmente sem a necessidade de equipe multidisciplinar. Por exemplo: casas, galpões, edifícios até 3 pavimentos, lojas etc.

Nível 2: para edifícios multifamiliares, edifícios comerciais sem sistemas construtivos mais complexos como climatização, automação etc. Normalmente envolve equipe multidisciplinar com engenheiros civis ou arquiteto, mais engenheiros eletricitas.

Nível 3: para edificações complexas, onde há sistema de manutenção implantado conforme a ABNT NBR 5674. Sempre realizada por equipe multidisciplinar, envolvendo: engenheiro civil ou arquiteto, engenheiro eletricista e engenheiro mecânico.

A figura 2 exemplifica tipos de impermeabilização que podem ter em uma residência e que necessitam de atenção durante a Inspeção Predial.

Figura 54 - Exemplos de tipos de impermeabilização que uma casa pode precisar



Fonte: Morgado (2017, p. 10)

## 2.2 Anomalias

As anomalias e falhas constituem não conformidades que impactam na perda precoce de desempenho real ou futuro dos elementos e sistemas construtivos, e redução de sua vida útil projetada. Podem comprometer, portanto: segurança; funcionalidade; operacionalidade; saúde de usuários; conforto térmico, acústico e lumínico; acessibilidade, durabilidade, vida útil, dentre outros parâmetros de desempenho definidos na ABNT NBR 15575. (Cartilha Inspeção Predial – IBAPE SP, 2012, p.11)

A Cartilha Inspeção Predial – IBAPE SP (2012, p.14) classifica as anomalias em três tipos, conforme sua origem, podendo ser Construtiva/Endógena, Funcional ou de Uso e Manutenção.

**ANOMALIAS CONSTRUTIVAS OU ENDÓGENAS:**  
Quando relacionadas aos problemas da construção ou projeto do prédio.

**ANOMALIAS FUNCIONAIS:** Quando relacionadas à perda de funcionalidade por final de vida útil – envelhecimento natural.

**FALHAS DE USO E MANUTENÇÃO:** Quando relacionadas à perda precoce de desempenho por deficiências no uso e nas atividades de manutenção periódicas. (Cartilha Inspeção Predial – IBAPE SP, 2012, p.14)

De acordo com Perez (1988 apud CASTRO; MARTINS, 2014) as principais anomalias causadas pela umidade estão conforme o Quadro 1:

**Quadro 1** - Anomalias de infiltração

Manifestações	Aspectos Observados	Causas prováveis
Eflorescência	-Manchas de umidade  -Pó branco acumulado sobre a superfície	-Umidade constante  -Sais solúveis presentes no elemento da alvenaria  -Cal não carbonatada
Bolor	-Manchas esverdeadas ou escuras  -Revestimento em desagregação	-Umidade constante  -Área não exposta ao sol
Descolamento com empolamento	-A superfície do reboco descola do emboço formando bolhas, cujos diâmetros aumentam progressivamente  -O reboco apresenta som cavo sob percussão	-Infiltração de umidade  -hidratação retardada do óxido de magnésio da cal

Fonte: Perez (1988 apud CASTRO; MARTINS, 2014)

Segundo Frasca e Yamamoto (2003, p. 167) a Eflorescência também pode ocorrer em revestimentos de piso de granito:



Em uma edificação, nas proximidades do solo, uma solução salina pode ascender através da rocha por capilaridade, até a altura potencial de ascensão capilar, denominada zona capilar, na qual ocorre a evaporação e consequente cristalização dos sais.

A zona capilar, que depende do sistema poroso da rocha, é caracterizada pelas eflorescências (quando sais se cristalizam na superfície da rocha), subeflorescências (quando sais se cristalizam abaixo da superfície exposta da rocha) e pelas perdas de material (Uchida et al., 1999). Zona de imersão, nessa concepção, é a porção de rocha que fica mais próxima ao solo. A cristalização de sais se dá preferencialmente na zona de capilaridade.

A concentração de sal pode ocorrer na superfície do material rochoso, onde se cristaliza; e dentro dos capilares próximo à superfície da rocha, onde a ação mecânica de sais, nas fissuras, pode iniciar seu trabalho destrutivo.

## 2.3 Manutenção

A NBR 15575 (ABNT 2013) define manutenção como sendo o conjunto de atividades a serem realizadas ao longo da vida total da edificação para conservar ou recuperar a sua capacidade funcional e de seus sistemas constituintes de atender as necessidades e segurança dos seus usuários.

A depender das ações a serem executadas durante a manutenção, esta pode ser distinguida como:

- a) Manutenção rotineira, caracterizada por um fluxo constante de serviços, padronizados e cíclicos, citando-se, por exemplo, limpeza geral e lavagem de áreas comuns;
- b) Manutenção corretiva, caracterizada por serviços que demandam ação ou intervenção imediata a fim de permitir a continuidade do uso dos sistemas, elementos ou componentes das edificações, ou evitar graves riscos ou prejuízos pessoais e/ou patrimoniais aos seus usuários ou proprietários; e
- c) Manutenção preventiva, caracterizada por serviços cuja realização seja programada com antecedência, priorizando as solicitações dos usuários, estimativas da durabilidade esperada dos sistemas, elementos ou componentes das edificações em uso, gravidade e urgência, e relatórios de verificações periódicas sobre o seu estado de degradação. (NBR 5674, 2012, p. 3)

## 2.4 Gerenciamento de risco

Ao se executar uma inspeção predial é possível encontrar diversas manutenções que necessitam ser executadas, porém muitas vezes não é possível executar todas as manutenções de uma vez, seja por comprometimento de orçamento, cronograma, clima ou de acessibilidade.

Para suprir a necessidade de se definir a tomada de decisão da priorização das frentes de manutenções a serem executadas são criadas metodologias de gerenciamento de risco como a Metodologia GUT (Gravidade, Urgência e Tendência).

A Norma de Inspeção Predial – IBAPE NACIONAL (2012) indica que quanto à ordem de prioridades recomenda-se que seja disposta em ordem decrescente quanto ao grau de risco e intensidade das anomalias e falhas, apurada através de metodologias técnicas apropriadas como GUT.

Para se analisar as anomalias com metodologia GUT deve-se indicar o grau de Gravidade, Urgência e Tendência que cada anomalia possui.

Classificação do problema quanto à:

Gravidade: É analisada pela consideração da intensidade ou impacto que o problema pode causar se não for solucionado. A pontuação da gravidade varia de 1 a 5 seguindo o seguinte critério:

1. sem gravidade
2. pouco grave
3. grave
4. muito grave
5. extremamente grave

Urgência: É analisada pelo prazo de tempo para resolver determinada situação. A pontuação de urgência varia de 1 a 5 seguindo o seguinte critério:

1. pode esperar
2. pouco urgente
3. urgente
4. muito urgente
5. imediato

Tendência: É analisada pelo padrão ou tendência de evolução da situação. Representa o potencial crescimento do problema, a probabilidade do problema se tornar maior com o passar do tempo.

1. não irá mudar
2. irá piorar a longo prazo
3. irá piorar a médio prazo
4. irá piorar a curto prazo
5. irá piorar rapidamente

Após a classificação das três variáveis deve-se realizar a multiplicação das três notas ou o somatório para elencar as prioridades encontradas (MOTA, 2017).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos para este trabalho foram baseados em pesquisa bibliográfica e documental, que serviu como base para elaborar um estudo de caso envolvendo uma residência unifamiliar que possui diversas anomalias de infiltração.

Para a escolha do estudo de caso foi analisado que a residência unifamiliar ideal para o estudo seria uma residência unifamiliar que fosse de alvenaria comum e que apresentasse o maior número possível das anomalias que são o foco deste trabalho. A ideia principal é que o estudo possa ser bem aproveitado no futuro, mostre a eficiência e possíveis soluções que podem ser executadas com a devida identificação de anomalias de infiltração e sua manutenção preventiva, aos moldes do estudo de caso.

No estudo de caso foi realizada uma inspeção predial de nível 1 por se tratar de uma edificação mais simples, sem a necessidade de equipe multidisciplinar. Foram realizados registros fotográficos no local do estudo de caso, além disto, os donos da casa foram entrevistados para o levantamento da cronologia do surgimento das anomalias e a eficiência e frequência de manutenções já executadas.

Para se ordenar a prioridade de atenção e manutenção das anomalias foi adotada a metodologia GUT (Gravidade Urgência e Atenção).

Alguns dos documentos de referência para a pesquisa foram as normas brasileiras da ABNT: NBR 5674:2012, NBR 15.575:2013, NBR 5674:2012 e 9574:2008. A primeira norma, orienta a execução de manutenção em edificações, a segunda os desempenhos mínimos que as construções necessitam e a terceira e quarta norteiam sobre como escolher, projetar e executar a impermeabilização.

## 4 ESTUDO DE CASO

A edificação em estudo é uma residência que possui quatro pavimentos, sendo um pavimento subterrâneo, um térreo, um superior e um técnico, abaixo do telhado, totalizando mais de 800 m<sup>2</sup> (oitocentos metros quadrados) de área construída.

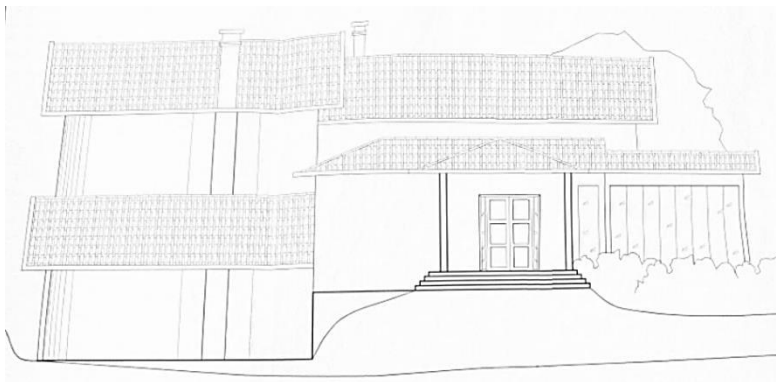
No pavimento superior concentram-se as quatro suítes e uma sala de televisão, no pavimento térreo há certos desníveis entre ambientes para aproveitar melhor o declive do terreno, neste pavimento existe a sala de estar, a sala de jantar, dois banheiros, o escritório, a churrasqueira, a cozinha e a área de serviço com dois dormitórios, um banheiro e uma despensa. O pavimento subterrâneo possui uma adega, uma sala e uma biblioteca.

A casa foi construída em alvenaria convencional, com telhados sobre a laje em sua maior parte, sem a execução de forro sob a laje, há somente forro de madeira sob o telhado na sala de estar do térreo e forro de gesso sob o telhado em uma parte do escritório. A fachada é revestida com pintura e as janelas são em esquadrias embutidas, sem moldura.

Os proprietários atuais da residência possuem poucos projetos da propriedade estudada e este fato dificulta a análise para se identificar as estruturas e instalações não aparentes. Os proprietários possuem apenas as plantas de layout das quatro fachadas, um corte vertical e planta baixa da cobertura, porém o projeto da cobertura não coincide com a realidade. Os proprietários foram orientados a solicitarem na Administração local cópias de todos os projetos da casa para facilitar futuras melhorias e reparos na propriedade.

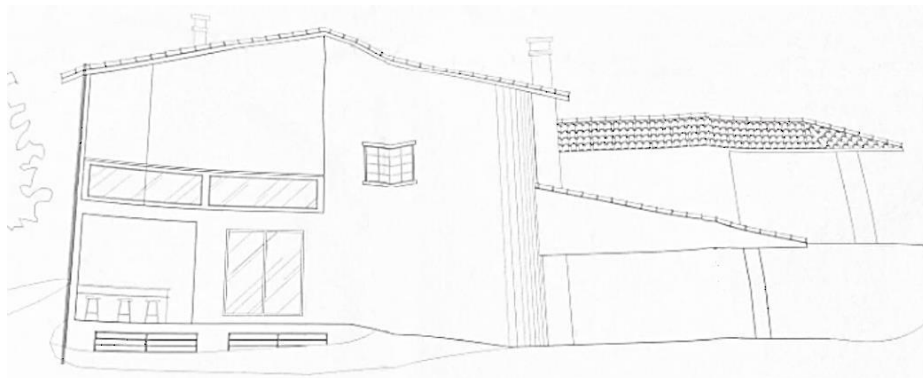
Seguem as imagens dos projetos citados demonstrados pelas figuras 3 a 7:

**Figura 55** - Projeto de Layout (esboço) - Fachada Principal



Fonte: Foto tratada de projetos existentes

**Figura 56** - Projeto de Layout (esboço) - Fachada Lateral Esquerda



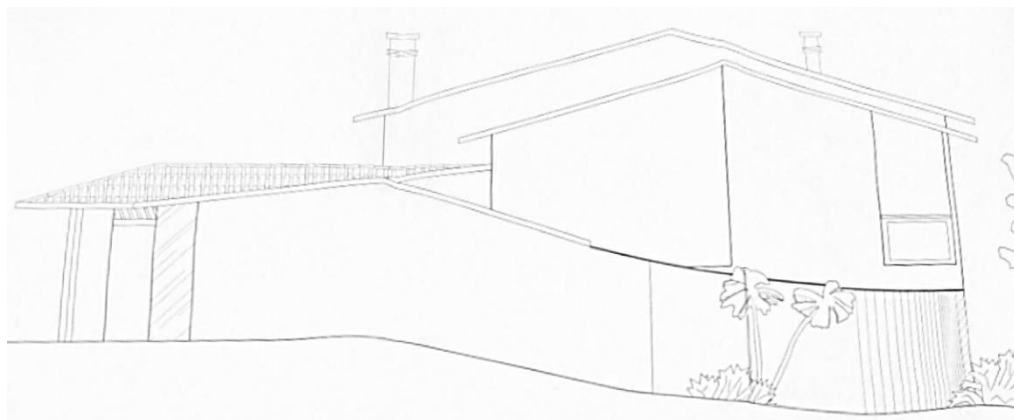
Fonte: Foto tratada de projetos existentes

**Figura 57** - Projeto de Layout (esboço) - Fachada Posterior

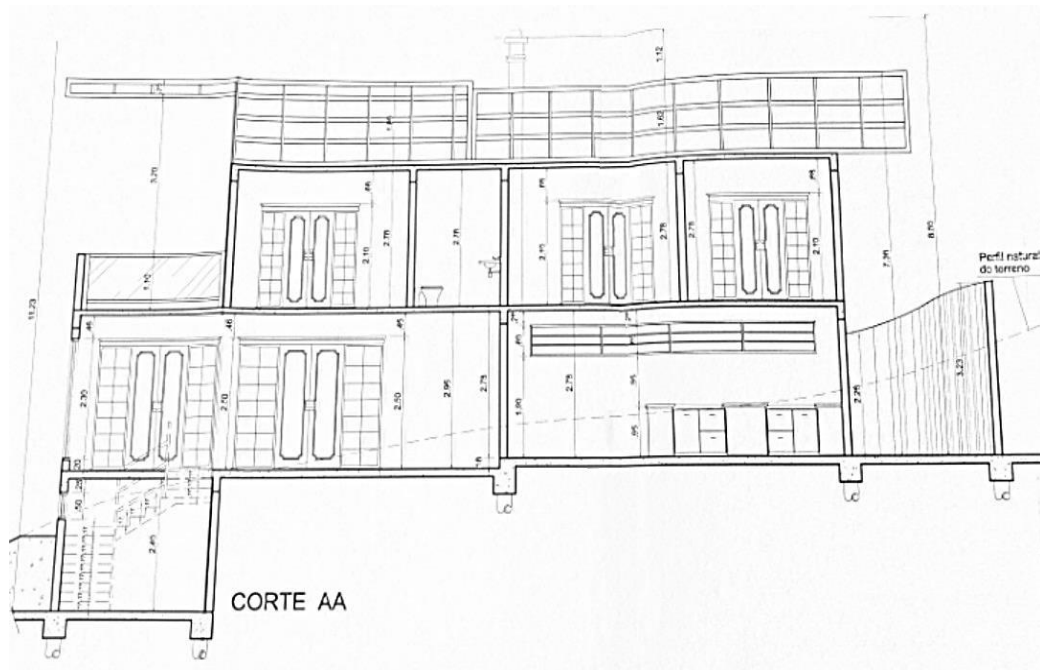


Fonte: Foto tratada de projetos existentes

**Figura 58** - Projeto de Layout (esboço) - Fachada Lateral Direita



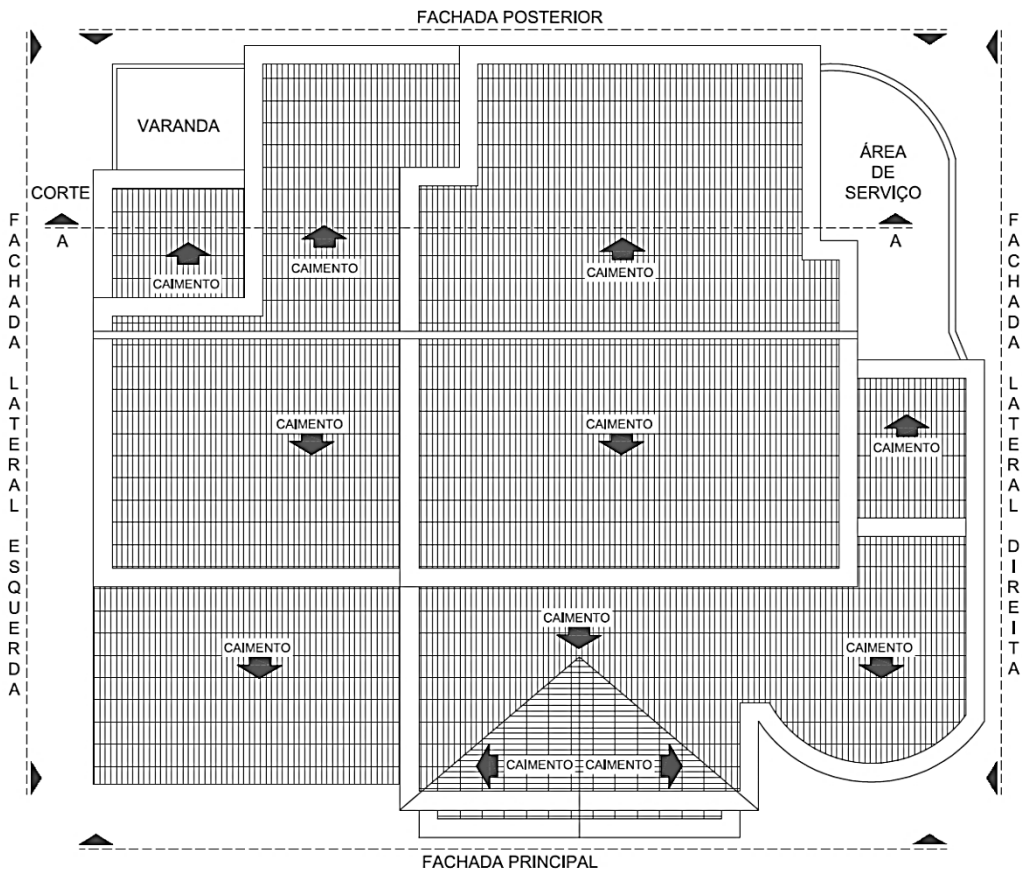
Fonte: Foto tratada de projetos existentes

**Figura 59** - Projeto de Layout (esboço) - Corte AA

Fonte: Foto tratada de projetos existentes

Devido à ausência de diversos projetos e ao projeto de cobertura encontrado estar incompatível com o executado a autora deste trabalho elaborou um esboço, sem escala, compatível com vista da cobertura da casa para facilitar o entendimento e visualização (Figura 8).

Figura 6o Projeto de Layout (esboço) - Cobertura - Criado a partir da realidade encontrada



Fonte: Elaborado pela autora do trabalho

Para se visualizar a realidade da residência seguem as fotos das fachadas retiradas durante as visitas nas Figuras 9 a 13.



**Figura 61** - Fachada principal



Fonte: Elaborado pela autora do trabalho

**Figura 62** - Vista entre a fachada principal e a fachada da lateral esquerda



Fonte: Elaborado pela autora do trabalho

**Figura 63** - Fachada posterior



Fonte: Elaborado pela autora do trabalho

**Figura 64** - Vista entre a fachada da lateral direita e a fachada posterior



Fonte: Elaborado pela autora do trabalho

**Figura 65** - Fachada posterior



Fonte: Elaborado pela autora do trabalho

## **4.1 Histórico da Edificação**

A residência foi construída em 2002 e comprada pelos atuais proprietários em 2007 e, desde então, algumas reformas e manutenções corretivas já foram executadas, porém não há registros.



Atualmente, reside na propriedade um casal, que é proprietário. Eles informaram que não possuem o costume de fazer manutenções preventivas, apenas corretivas. Recordaram que já executaram alguns reparos no telhado ao menos três vezes, porém eles não acompanharam, nem registraram e os reparos não foram suficientes para melhorar o caimento da água nas épocas de chuva.


## **5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS**

As informações foram coletadas nos meses de julho e setembro de 2017 e, por isso, refletem a realidade desse edifício para esse momento específico. Por a pesquisa ter sido realizada em um período que não houve chuva, muitos dados foram coletados apenas por relatos dos proprietários.


O Quadro 2 indica as informações das anomalias encontradas ordenadas por local, iniciando-se pelas anomalias encontradas na fachada, depois seguindo para as encontradas no subsolo, térreo, pavimento superior, pavimento técnico e no telhado.

Quadro 2 - Ficha de anomalias encontradas no estudo de caso

1 - ANOMALIAS ENCONTRADAS NO TELHADO	
ANOMALIA 1.1	
FOTO	
LOCAL	Telhado sobre varanda do pavimento superior
ANOMALIA	Descolamento com empolamento no rufo da extremidade do telhado
PRIORIDADE (18) GRAVIDADE (2) URGÊNCIA (3) TENDÊNCIA (3)	
POSSÍVEL CAUSA	Falta ou mau dimensionamento de caimento e escoamento de águas
TIPO	Endógena e falhas de uso e manutenção
MEDIDAS CORRETIVAS/ PREVENTIVAS	Retirar a moldura do telhado, dimensionar e executar corretamente um novo sistema de calhas
ANOMALIA 1.2	
FOTO	

<b>LOCAL</b>	Vista de baixo da extremidade do telhado na varando do pavimento superior
<b>ANOMALIA</b>	Descolamento com empolamento e corrosão da armadura
<b>PRIORIDADE (27)</b>	<b>GRAVIDADE (3)    URGÊNCIA (3)    TENDÊNCIA (3)</b>
<b>POSSÍVEL CAUSA</b>	Falta ou mau dimensionamento de caimento e escoamento de águas das calhas
<b>TIPO</b>	Endógena
<b>MEDIDAS CORRETIVAS/ PREVENTIVAS</b>	Revisar e executar as manutenções no telhado, no rufo do telhado e no dimensionamento das calhas, lixar toda a área da anomalia, retirando as partes soltas e as enferrujadas, reconstituir a cobertura das ferragens, rebocar e pintar.
<b>2 - ANOMALIAS ENCONTRADAS NO PAVIMENTO TÉCNICO</b>	
<b>ANOMALIA 2.1</b>	
<b>FOTO</b>	
<b>LOCAL</b>	Pavimento técnico - Tubulação de Águas Pluviais
<b>ANOMALIA</b>	Vazamento de tubulação de águas pluviais (Anomalia indicada pela proprietária)
<b>PRIORIDADE (45)</b>	<b>GRAVIDADE (3)    URGÊNCIA (3)    TENDÊNCIA (5)</b>
<b>POSSÍVEL CAUSA</b>	Desgaste da tubulação
<b>TIPO</b>	Falhas de uso e manutenção
<b>MEDIDAS CORRETIVAS/ PREVENTIVAS</b>	Refazer e reforçar a conexão da tubulação



ANOMALIA 2.2	
FOTO	
LOCAL	Vista entre o telhado e o forro de madeira da sala de estar
ANOMALIA	Falha na integridade do telhado
PRIORIDADE (36) GRAVIDADE (3) URGÊNCIA (3) TENDÊNCIA (4)	
POSSÍVEL CAUSA	Intempéries naturais e falta de cuidado de técnicos em manutenções executadas no telhado
TIPO	Falhas de uso e manutenção
MEDIDAS CORRETIVAS/ PREVENTIVAS	Revisar a integridade do telhado recompondo telhas quebradas e/ou deslocadas
3 - ANOMALIAS ENCONTRADAS NO PAVIMENTO SUPERIOR	
ANOMALIA 3.1	


<b>FOTO</b>	
<b>LOCAL</b>	Pavimento Superior- Parede da Suíte principal, atrás da válvula de descargas do banheiro do quarto.
<b>ANOMALIA</b>	Descolamento com empolamento
<b>PRIORIDADE (24)</b>	<b>GRAVIDADE (2)    URGÊNCIA (3)    TENDÊNCIA (4)</b>
<b>POSSÍVEL CAUSA</b>	Vazamento de tubulação ou infiltração pelo box do banheiro.
<b>TIPO</b>	Falhas de uso e manutenção.
<b>MEDIDAS CORRETIVAS/ PREVENTIVAS</b>	Revisar e reforça a integridade das tubulações e da impermeabilização. Aguardar a evaporação da umidade na parede e recuperar a pintura
<b>ANOMALIA 3.2</b>	






FOTO	
	
LOCAL	Pavimento Superior- Vista de baixo e vista de cima da varanda do pavimento superior
ANOMALIA	Bolor
PRIORIDADE (3)	GRAVIDADE (1)    URGÊNCIA (1)    TENDÊNCIA (3)
POSSÍVEL CAUSA	Falta ou mau dimensionamento de caimento e escoamento de águas. Possível falha na impermeabilização da laje.
TIPO	Endógena e falhas de uso e manutenção
MEDIDAS CORRETIVAS/ PREVENTIVAS	Melhorar a impermeabilização da laje, dimensionar e executar corretamente a quantidade de ralos e o devido caimento do piso e posteriormente recompor e repintar a fachada
4 - ANOMALIAS ENCONTRADAS NO TÉRREO	
ANOMALIA 4.1	




FOTO	
LOCAL	Térreo
ANOMALIA	Descolamento com empolamento no rodapé
PRIORIDADE (3)	GRAVIDADE (1)    URGÊNCIA (1)    TENDÊNCIA (3)
POSSÍVEL CAUSA	Defeito na impermeabilização da viga baldrame e possível ausência de tratamento impermeabilizante na alvenaria
TIPO	Endógena
MEDIDAS CORRETIVAS/ PREVENTIVAS	Retirar o revestimento até alcançar o bloco cerâmico retirando todo o reboco no perímetro da parede com a anomalia, da altura do piso até 1,5m acima, aplicar 4 demãos de argamassa polimérica e refazer o revestimento utilizando argamassa com aditivo impermeabilizante e pintar com tinta ecológica que permita a parede respirar.
ANOMALIA 4.2	
FOTO	
LOCAL	Térreo - Piso da sala de jantar próximo à anomalia 4.1


<b>ANOMALIA</b>	Eflorescência
<b>PRIORIDADE (2)</b>	<b>GRAVIDADE (1)    URGÊNCIA (1)    TENDÊNCIA (2)</b>
<b>POSSÍVEL CAUSA</b>	Ausência ou má execução de impermeabilização do contra piso e da pedra de granito.
<b>TIPO</b>	Endógena
<b>MEDIDAS CORRETIVAS/ PREVENTIVAS</b>	Trocar o piso, executando a correta impermeabilização na base, utilizar a argamassa colante adequada ao tipo de pedra escolhida e impermeabilizar toda a pedra que será utilizada no piso
<b>ANOMALIA 4.3</b>	
<b>FOTO</b>	
<b>LOCAL</b>	Térreo - Janela da sala de estar
<b>ANOMALIA</b>	Fissura e descolamento com empolamento na parede
<b>PRIORIDADE (6)</b>	<b>GRAVIDADE (1)    URGÊNCIA (2)    TENDÊNCIA (3)</b>
<b>POSSÍVEL CAUSA</b>	Fissuras devido à ausência ou mau dimensionamento da contra verga com infiltração proveniente destas fissuras na fachada.
<b>TIPO</b>	Endógena e falhas de uso e manutenção.
<b>MEDIDAS CORRETIVAS/ PREVENTIVAS</b>	Tratar a fissura e revisar a esquadria
<b>ANOMALIA 4.4</b>	

<b>FOTO</b>	
<b>LOCAL</b>	Térreo - Forro de madeira da sala de estar
<b>ANOMALIA</b>	Bolor em forro de madeira
<b>PRIORIDADE (36)</b>	<b>GRAVIDADE (3)</b> <b>URGÊNCIA (3)</b> <b>TENDÊNCIA (4)</b>
<b>POSSÍVEL CAUSA</b>	Infiltração no forro de madeira devido a telhas deslocadas e/ou quebradas
<b>TIPO</b>	Falhas de uso e manutenção.
<b>MEDIDAS CORRETIVAS/ PREVENTIVAS</b>	Revisar a integridade do telhado recompondo telhas quebradas e/ou deslocadas
<b>5 - ANOMALIAS ENCONTRADAS NO SUBSOLO</b>	
<b>ANOMALIA 5.1</b>	
<b>FOTO</b>	
<b>LOCAL</b>	Subsolo - Parede da escada

<b>ANOMALIA</b>	Descolamento com empolamento em parede subterrânea
<b>PRIORIDADE (6)</b>	<b>GRAVIDADE (1)    URGÊNCIA (2)    TENDÊNCIA (3)</b>
<b>POSSÍVEL CAUSA</b>	Ausência ou má execução de impermeabilização da parede subterrânea.
<b>TIPO</b>	Endógena
<b>MEDIDAS CORRETIVAS/ PREVENTIVAS</b>	Retirar o revestimento até alcançar a parede, retirando todo o reboco na área da parede com a anomalia, refazer o revestimento utilizando argamassa com aditivo impermeabilizante e pintar com tinta ecológica que permita a parede respirar. A impermeabilização seria mais eficiente se executada do lado da parede que está em contato direto com o solo, porém agora não é mais exequível. Executar uma drenagem ou um correto escoamento da água ao redor da casa, reduzindo a umidade acumulada no solo.

6 - ANOMALIAS ENCONTRADAS NA FACHADA

<b>ANOMALIA 6.1</b>	
<b>FOTO</b>	
<b>LOCAL</b>	Fachada - Parede do jardim na fachada principal
<b>ANOMALIA</b>	Bolor e descolamento com empolamento em parede.
<b>PRIORIDADE (3)</b>	<b>GRAVIDADE (1)    URGÊNCIA (1)    TENDÊNCIA (3)</b>
<b>POSSÍVEL CAUSA</b>	Falha na impermeabilização do jardim.
<b>TIPO</b>	Endógena e falha de uso e manutenção.

<b>MEDIDAS CORRETIVAS/ PREVENTIVAS</b>	Impermeabilizar a parede. A impermeabilização é mais eficiente se executada do lado da parede que está em contato direto com o solo. Evitar que a água do telhado caia diretamente neste jardim.
<b>ANOMALIA 6.2</b>	
<b>FOTO</b>	
<b>LOCAL</b>	Fachada - Parede externa da churrasqueira
<b>ANOMALIA</b>	Bolor em parede.
<b>PRIORIDADE (6) GRAVIDADE (1) URGÊNCIA (2) TENDÊNCIA (3)</b>	
<b>POSSÍVEL CAUSA</b>	Defeito na impermeabilização da viga baldrame e possível ausência de tratamento impermeabilizante na alvenaria.
<b>TIPO</b>	Endógena
<b>MEDIDAS CORRETIVAS/ PREVENTIVAS</b>	Retirar o revestimento até alcançar o bloco cerâmico, retirando todo o reboco no perímetro da parede com a anomalia, da altura do piso até 1,5m acima, aplicar 4 demãos de argamassa polimérica e refazer o revestimento utilizando argamassa com aditivo impermeabilizante e pintar com tinta ecológica que permita a parede respirar. Executar uma drenagem ou um correto escoamento da água ao redor da casa, executar um caimento na calçada jogando a água para o terreno.

Fonte: Elaborado pela autora do trabalho

O Quadro 3 ordena, por prioridade de manutenção, as anomalias citadas no quadro 2, repetindo apenas as informações de identificação, tipo, local e o grau de Gravidade, Urgência e Tendência de cada anomalia, sendo “G” de Gravidade, “U” de Urgência e “T” de Tendência.

**Quadro 3** - Gerenciamento de risco das anomalias encontradas no estudo de caso

ITEM	ANOMALIA	TIPO	LOCAL	G	U	T	PRIORIDADE
ANOMALIA 2.1	Vazamento de tubulação de águas pluviais (Anomalia indicada pela proprietária)	Falhas de uso e manutenção	Telhado	3	3	5	45
ANOMALIA 2.2	Falha na integridade do telhado	Falhas de uso e manutenção	Telhado	3	3	4	36
ANOMALIA 4.4	Bolor em forro de madeira	Falhas de uso e manutenção	Telhado	3	3	4	36
ANOMALIA 1.2	Descolamento com empolamento e corrosão da armadura	Endógena	Telhado	3	3	3	27
ANOMALIA 3.1	Descolamento com empolamento	Falhas de uso e manutenção	Pavimento Superior	2	3	4	24
ANOMALIA 1.1	Descolamento com empolamento no rufo da extremidade do telhado	Endógena e falhas de uso e manutenção	Telhado	2	3	3	18
ANOMALIA 4.3	Fissura e descolamento com empolamento na parede	Endógena e falhas de uso e manutenção	Fachada	1	2	3	6

ANOMALIA 5.1	Descolamento com empolamento em parede subterrânea	Endógena	Subsolo	1	2	3	6
ANOMALIA 6.2	Bolor em parede.	Endógena	Fachada - Rodapé	1	2	3	6
ANOMALIA 3.2	Bolor	Endógena e falhas de uso e manutenção	Fachada	1	1	3	3
ANOMALIA 4.1	Descolamento com empolamento no rodapé	Endógena	Térreo - Rodapé	1	1	3	3
ANOMALIA 6.1	Bolor e descolamento com empolamento em parede.	Endógena e falhas de uso e manutenção	Fachada	1	1	3	3
ANOMALIA 4.2	Eflorescência	Endógena	Térreo - Piso	1	1	2	2

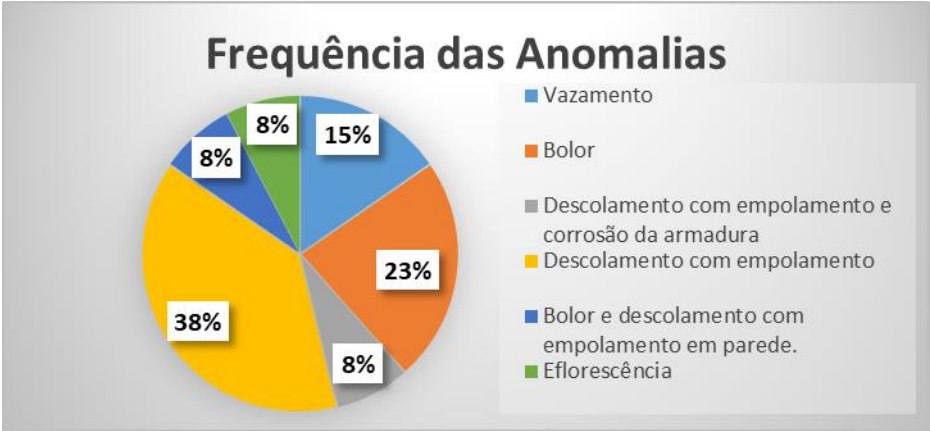
Fonte: Elaborado pela autora do trabalho

A análise do gerenciamento de risco feito por metodologia GUT indica que a prioridade de manutenção atualmente é o conserto de um vazamento que há em uma tubulação que recebe água da chuva do telhado e fica acima do forro de madeira da sala de estar e esta manutenção possui mais urgência atualmente por estarmos entrando em uma época de muita chuva em Brasília.

Além deste conserto também é indicada a revisão de telhas quebradas ou deslocadas do telhado, para mitigar a probabilidade de infiltrações e goteiras, pois há muitas frestas que podem ser vistas abaixo do telhado e estas frestas podem permitir a entrada de água da chuva.

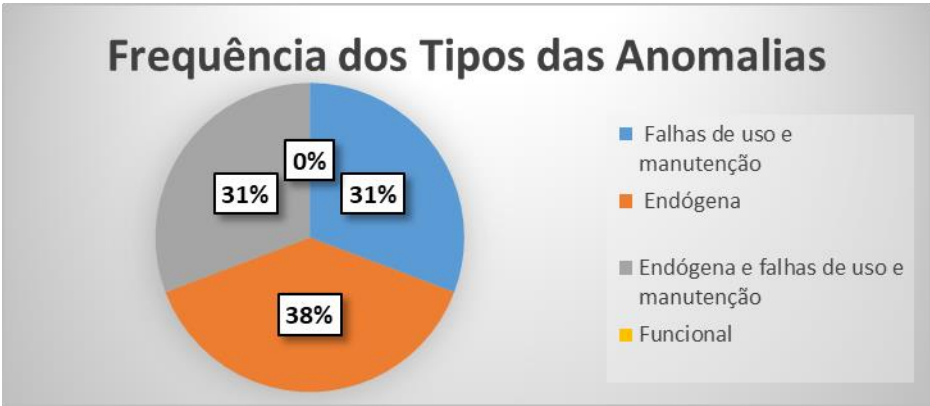
O gráfico 2 expõe a frequência da ocorrência das anomalias encontradas e os gráficos 3 e 4 resumem as frequências dos tipos e dos locais destas anomalias.

Gráfico 4 – Frequência das Anomalias



Fonte: Elaborado pela autora do trabalho

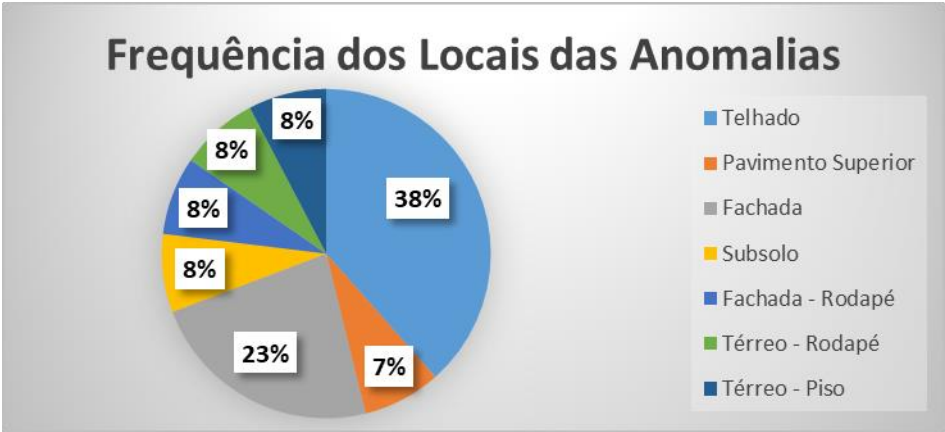
Gráfico 5 - Frequência dos Tipos das Anomalias



Fonte: Elaborado pela autora do trabalho



Gráfico 6 – Frequência dos Locais das Anomalias



Fonte: Elaborado pela autora do trabalho

## 6 CONCLUSÃO

O estudo permitiu compreender que as anomalias de infiltração podem surgir em diversos ambientes de uma residência e que muitas vezes os próprios moradores são capazes de identificar a existência, porém sem compreender o motivo e normalmente são levados a executarem apenas medidas paliativas que escondem a anomalia sem tratar a origem o que ocasiona no reaparecimento da anomalia.

Foi possível identificar, no estudo de caso, anomalias construtivas ou endógenas e/ou anomalias por falhas de uso e manutenção, porém não foi possível identificar nenhuma anomalia funcional, portanto exalta a importância de manutenções preventivas e corretivas para se aproveitar por inteiro a vida útil projetada da casa e dos materiais.

No estudo de caso realizado foi possível identificar as três principais anomalias causadas pela umidade citadas por Perez (1988 apud CASTRO; MARTINS, 2014), conforme Quadro 1. Foi possível identificar eflorescência presente em piso, além de identificar bolor, descolamento e empolamento presentes em paredes e tetos.

Foi possível notar pelo Gráfico 4 que, entre os locais visitados no estudo de caso, o local com mais ocorrência de anomalias é o telhado com incidência de 38% dos casos e logo em seguida a fachada com 23%.

As anomalias e as soluções foram identificadas no estudo de caso e foi possível ordenar a prioridade da execução das correções. Portanto, o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho foram alcançados.

Sugere-se para pesquisas futuras a averiguação da eficiência das medidas corretivas e/ou preventivas indicadas, além da elaboração de uma lista de verificações que sirva como orientação para a concepção de manuais de manutenção residencial de impermeabilização e de drenagem.

## REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5674:1999. **Manutenção de edificações** – Procedimento. Setembro, 1999.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5674:2012. **Manutenção de edificações** – Procedimento. Setembro, 2012.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9574:2008. **Execução de impermeabilização**. Dezembro, 2008.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9575:2010. **Impermeabilização** - Seleção e projeto. Setembro, 2010.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14037:2011. **I Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações** — Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Julho, 2011.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.575. **Edificações habitacionais** — Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BERTOLINI, Luca. **Materiais de Construção: Patologia | Reabilitação | Prevenção**. 1. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

CASTRO, M. D.; MARTINS, R. M. **Análise e sugestões terapêuticas as manifestações patológicas de infiltração de um edifício com mais de 20 anos** – estudo de caso. Dissertação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, 2014.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria e Construção. **Desempenho de Edificações Habitacionais** – Guia Orientativo para Atendimento à Norma ABNT NBR 15575/2013. Distrito Federal, abril, 2013.

FRASCA, M. H. B. O.; YAMAMOTO, J. K. Ensaios de alteração acelerada em rochas para revestimento - Estudos experimentais in rochas graníticas. In: **Anais do Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste**, 16 a 19 de novembro de 2003, Fortaleza. Rio de Janeiro: CETEM/SBG,2003, p165-172.

IBAPE Nacional – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia Nacional. **Norma de Inspeção Predial Nacional**. Outubro 2012.

IBAPE SP – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia do Estado de São Paulo. **Cartilha Inspeção Predial a Saúde dos Edifícios**. 2012.

MORGADO, Jose Miguel. Sistemas de impermeabilização em conformidade com a ABNT NBR 15575 – Norma Desempenho. In: II Congresso de Tecnologia do Concreto Online – CONATCON, 2017.

MOTA, N. **Manutenção Predial - Parte II**. Anotações de aula, 2017.

# IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS DE SEGURANÇA E PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS EM EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS E PATRIMONIAIS

## UM APANHADO SOBRE BRASÍLIA IMPLEMENTATION OF SAFETY AND FIRE PROTECTION PROJECTS IN HISTORIC AND HERITAGE BUILDINGS A SUMMARY OF BRASÍLIA

Juliana de Sousa Lindgren Alves<sup>1</sup>  
João Queiroz Krause

### RESUMO

Projetos contra incêndio e pânico são fundamentais para a garantia da segurança de usuários de todas as edificações, especialmente aquelas destinadas ao público e com importância histórica e patrimonial. Este trabalho traz um apanhado dos principais sistemas existentes neste sentido, previstos nas normas da ABNT e do Corpo de Bombeiros do Distrito Federal, para então analisar algumas edificações do Distrito Federal quanto à sua instalação. Através de visitas informais, os sistemas foram verificados quanto à adequabilidade de sua execução e manutenção. De forma geral, mesmo desconhecendo as exigências exatas para cada edificação, um usuário atento pode constatar diversas falhas nos sistemas presentes, desde o uso de extintores inadequados ao local, por exemplo, até sua ausência. Este texto aborda o

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (Uniceub/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Projeto, Execução e Manutenção das Edificações, sob orientação do Prof. DSc. João Queiroz Krause

tema de sistemas de segurança de maneira objetiva, de forma a propor uma reflexão e uma alerta sobre o assunto, especialmente à luz dos recentes incidentes envolvendo fogo e vítimas.

**Palavras-chave:** Projetos. Incêndio. Segurança. Manutenção. Patrimônio Histórico.

## ABSTRACT

Safety and fire protection designs are critical to guarantee users' safety, especially in public buildings and, most of all, those considered historical and cultural heritage. This paper presents an overview of the most common fire safety systems, as provided for in the national standards and the Federal District's Fire Department rules. As a case study, three heritage buildings in the Federal District have been analyzed. The standards compliance and systems maintenance were evaluated, in walk through assessments. Even though the exact requirements for each building were not previously known, an attentive user may find several failures in the existing systems, from fire extinguishers placed incorrectly to their complete absence. This work addresses the issue of security systems objectively, in order to propose a reflection and a warning on the subject, especially due to the recent incidents involving fire and victims.

**Keywords:** Projects. Fire. Safety. Maintenance. Historical Heritage.

## 1 INTRODUÇÃO

Em setembro de 2018, um incêndio de grandes proporções consumiu o Museu Nacional do Rio de Janeiro. O laudo elaborado pela Polícia Federal Brasileira afirmou que a causa foi um curto circuito em um aparelho de ar condicionado. Além da instalação inadequada dos equipamentos elétricos (sem aterramento externo ou disjuntor individualizado), o laudo também constatou inexistência de diversos sistemas de combate ao incêndio. Os extintores e hidrante de rua existentes não foram suficientes para compensar a falta de hidrantes de parede, alarmes, detectores, chuveiros automáticos, portas corta fogo e até da sinalização (SILVEIRA, 2019).

Em 2019, outro grande incêndio atingiu a Catedral de Notre Dame de Paris, gerando comoção internacional. Nesse caso, a existência e o adequado funcionamento do alarme de incêndio possibilitaram a evacuação do público e dos trabalhadores presentes, evitando vítimas. O telhado da catedral, estruturado em madeira, as obras em curso e a estrutura milenar impediram abordagens eventualmente utilizadas em grandes incêndios, como a descarga de grande

quantidade de água por via aérea, dado que o impacto poderia causar danos irreparáveis ao bem (WALSH, 2019).

Eventos em grande escala, como os explicitados anteriormente, demonstram o poder de destruição que o fogo pode ter, se não controlado a tempo. A implantação de mecanismos de segurança contra incêndio não pode garantir que não ocorrerão episódios de incêndio, mas são fundamentais para a evacuação das pessoas, para o controle do porte do fogo e para sua eventual extinção.

Em prédios históricos, onde os sistemas de segurança não faziam parte do projeto original, deve-se “fazer o tanto quanto seja necessário para cuidar do local e torna-lo utilizável, mas, fora isso, alterá-lo o mínimo possível para reter a sua importância cultural” (ICOMOS, 1999, p. 1)<sup>2</sup>. Mesmo um incêndio considerado de baixa severidade, nestes casos, pode causar danos irreversíveis, se levado em conta o seu valor cultural, histórico, etc. Como explica Rosicka (2009):

Ao contrário do caso da maioria das edificações utilitárias, onde as questões de segurança contra incêndio se referem à proteção da vida humana, no caso de prédios históricos, a proteção de itens culturais inestimáveis apresenta uma prioridade tão alta quanto.<sup>3</sup>

A fundamentação teórica deste trabalho consiste em uma revisão bibliográfica das normas e do funcionamento dos sistemas, suportada por levantamentos de estudos de caso. O objetivo, então, é observar se as exigências das normas vigentes referentes aos sistemas a serem implementados obrigatoriamente e as boas práticas indicadas são, de forma geral, aplicadas corretamente em edificações patrimoniais. Originalmente, tencionava-se obter informações mais aprofundadas, através dos projetos dos locais escolhidos e entrevistas com os responsáveis. No entanto, devido à demora nas respostas e à dificuldade de conseguir acesso aos documentos, a metodologia adotada foi simplificada. Tomando as normas técnicas do Corpo dos Bombeiros Militares do Distrito Federal como foco de estudo, avaliaram-se algumas edificações históricas do Distrito Federal (DF), entre julho e agosto de 2019, a partir de visitas técnicas simples (*walk through*) com

---

<sup>2</sup> Tradução da autora.

<sup>3</sup> Tradução da autora.

o objetivo de, em cada local, identificar se os sistemas instalados estão corretamente dimensionados e em pleno funcionamento.

Os locais escolhidos para análise são patrimônios culturais e protegidos pela instituição do tombamento. Justamente por serem tombados, existe uma obrigação geral, incluindo dos proprietários, do poder público e da sociedade, de conservação ou “manutenção das características materiais do bem, através das quais se pode reconhecer o valor cultural que lhe é atribuído” (RABELLO, 2015, p. 7).

## **2 SISTEMAS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO**

A elaboração de um projeto de prevenção e combate ao incêndio e pânico é o primeiro passo na garantia de segurança contra o fogo em edificações. No entanto, a mudança constante das normas referentes ao assunto e a excessiva burocracia brasileira muitas vezes dificultam o seguimento adequado dos procedimentos. Encontrar um projeto referente a algum edifício histórico em Brasília, por exemplo, é um processo difícil. Em se tratando de locais de acesso franqueado ao público, tais projetos deveriam ser disponíveis (pelo princípio da Transparência Pública), aprovados pelas instâncias responsáveis, corretamente seguidos no que diz respeito às instalações dos sistemas, além de mantidos e monitorados. Na prática, é difícil encontrar estes projetos, seja na própria edificação, seja em arquivos de outros órgãos relevantes, incluindo os bombeiros. Não há garantia de que o projeto sequer exista ou que esteja atualizado. Eventualmente, pode até haver um projeto atual, adaptado às normas mais recentes, mas, por conta da burocracia e da falta de comunicação entre os órgãos, não há registros fidedignos que comprovem que o projeto tenha sido corretamente implementado e vistoriado.

Em projetos desse gênero, devem ser mostrados os sistemas de segurança contra incêndio e pânico adotados. Os sistemas mais básicos, considerando a sua exigência nas edificações, independente de uso, área ou altura, são: saídas de emergência (abrangendo quantidade de saídas, largura de portas e corredores, existência de corrimãos e guarda-corpos corretos, etc.), luz de emergência, sinalização de emergência e extintores (GDF, 2017a).

## 2.1 Projeto de incêndio

O primeiro passo na elaboração de um projeto de incêndio é conhecer a classificação do risco de cada edificação. Apesar de sempre existir ‘perigo de incêndio’, devido aos materiais, fontes de calor e oxigênio nos locais (GOUVEIA, 2006), o risco de incêndio pode ser quantificado e reduzido ao mínimo possível. O Corpo de Bombeiros define risco de incêndio como “... a relação probabilidade e consequência de incêndio, relacionada com a intensidade dos danos ou perdas potenciais de sinistro” (GDF, 2017b). Para tanto, o Corpo de Bombeiros do Distrito Federal utiliza-se da Norma Técnica N° 02/2016, que separa as edificações de acordo com seu uso e ocupação.

As edificações e áreas de risco que obedecerem ao distanciamento mínimo serão consideradas independentes entre si, para composição de suas medidas de segurança contra incêndio” (GDF, 2017b)

Isto é, cada edificação deve ser considerada como um todo, não podendo separar os sistemas, por exemplo, por andares. No caso de empreendimentos com múltiplos edifícios, em que este distanciamento mínimo é garantido, cada um deve ter medidas de segurança contra incêndio específicas.

De forma geral, edificações históricas abertas para visitação são classificadas como de Concentração de Público. Dentro desta categoria, há ainda outra separação. Museus, por exemplo, são classificados como de risco médio (B-1) (GDF, 2017b).

Complementarmente, a Norma Técnica N° 01/2016 lista quais são os sistemas de segurança que cada edificação deve ter, de acordo com seu uso, altura e área (GDF, 2017a).

Em edificações tombadas, devido à sua natureza histórica e documental, os projetos de segurança devem procurar garantir a sua integridade original.

## 2.2 Saídas de Emergência

A partir do conhecimento da classificação de risco, procede-se ao dimensionamento correto de saídas de emergência e elaboração das rotas de fuga. As normas atualizadas garantem cada vez mais segurança e edificações novas devem ser

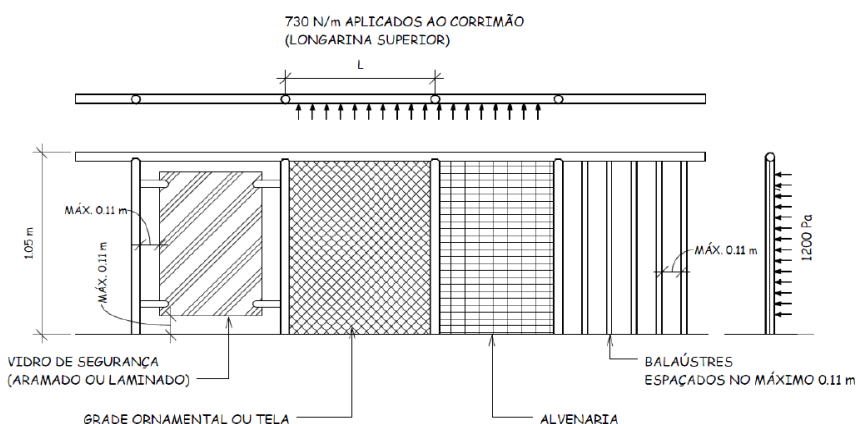


aprovadas ainda na etapa de projeto para garantir sua conformidade. Em edificações existentes, porém, esta é uma exigência limitada, pois, especialmente em prédios históricos e tombados, não é sempre possível fazer as adequações necessárias.

A Norma Técnica N° 10 (GDF, 2015b), sobre Saídas de Emergência, também considera a compartimentalização do local, ou seja, fechamentos que impedem a propagação de um incêndio horizontal ou verticalmente. Esta divisão pode ser feita, por exemplo, por paredes de alvenaria sem aberturas e portas corta-fogo.

Outra medida relevante considerada na rota de fuga é a existência de corrimãos e guarda-corpos em desníveis maiores que 19 cm (GDF, 2015b). Para tanto, a norma do Corpo de Bombeiros do Distrito Federal estabelece que os guarda-corpos devem ser confeccionados conforme exposto na Figura 1, de modo a proporcionar segurança, inclusive a crianças pequenas, que poderiam passar por vão maiores que o indicado (11cm).

**Figura 1** – Modelos de guarda-corpos, conforme norma do CBMDF



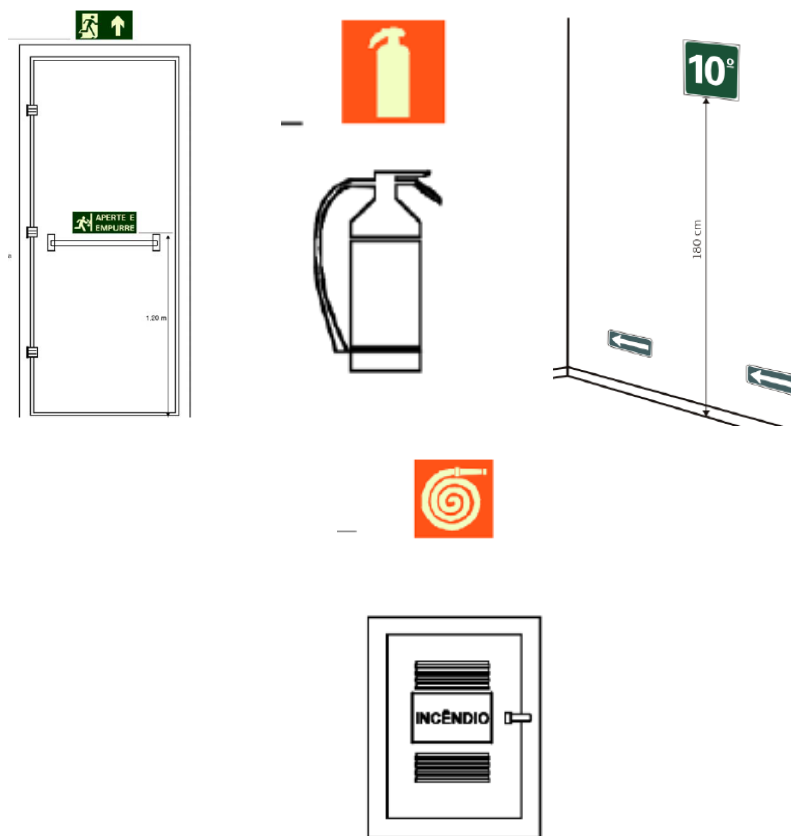
Fonte – NT n° 10/15 (2015)

## 2.3 Sinalização de Emergência

Uma medida básica de proteção contra pânico é o uso de sinalização de emergência, que aponta algumas informações importantes em caso de incêndio, como a rota de fuga e equipamentos de segurança e extinção de incêndio. Estas

devem ser fotoluminescentes, antichamas (além de outros requisitos, explicitados na ABNT NBR 13434-3/2005), instaladas corretamente, de forma a serem visíveis, inclusive em situação com fumaça, acima dos equipamentos especializados, como extintores e hidrantes, e em locais estratégicos, delineando o menor caminho até o abandono da edificação (conforme exemplos da Figura 2).

**Figura 2** – Exemplos de posicionamento de sinalização de emergência



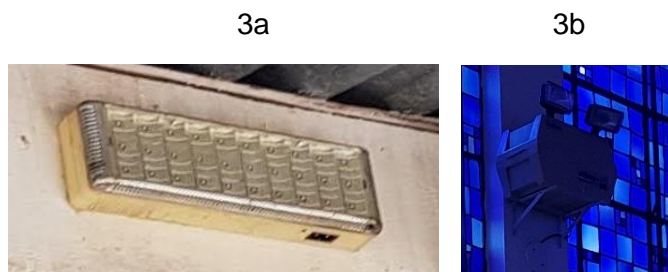
Fonte – ABNT NBR 13434-1/2004

## 2.4 Iluminação de Emergência

Outra medida básica de proteção contra pânico é o uso de luminárias de emergência, que acendem em caso de falta de energia e garantem iluminação

suficiente para a evacuação da edificação (exemplos nas Figura 3a e 3b). Estas luminárias são dimensionadas considerando o pé direito do local e a iluminância proporcionada, devendo ser instaladas em locais de acesso ao público e em toda a rota de fuga, até as saídas.

**Figuras 3a e 3b** – Luminárias de emergência



Fonte – Produção da autora (2019)

## 2.5 Extintores de incêndio

O fogo pode ser classificado em diversas classes, sendo as mais comuns A, B e C<sup>4</sup>. A classe A é o fogo em materiais combustíveis sólidos que queimam em superfície e profundidade (este é o tipo mais comum, abrangendo, por exemplo, papel, borracha e madeira). A classe B se refere a combustíveis que se liquefazem por ação do calor (ou seja, graxas, gases, etc.), e a classe C se refere ao fogo em equipamentos elétricos (ABNT, 2013).

A primeira providência exigida para o combate ao fogo em si, ainda como foco de um incêndio, em sua fase inicial, é o uso de extintores. Os extintores são classificados de acordo com a sua capacidade extintora adequada, ou seja, é necessário ter atenção ao selecionar o extintor, pois a escolha da carga errada pode tornar improfícua a sua utilização no combate ao fogo, ou até agravar a situação. Um extintor com carga d'água, por exemplo, tem capacidade extintora para fogos de classe A e um extintor com carga de dióxido de carbono (Figura 4 abaixo) combate fogos das classes B e C (ABNT, 2013). Extintores com carga de espuma mecânica,

<sup>4</sup> A norma ABNT NBR 12693 de 2013 sobre extintores se refere somente a estas classes de fogo (A, B e C). As outras classes se referem a materiais mais específicos e dependem de outras normatizações (classe D: metais combustíveis; classe K: óleo e gordura).

uma mistura de água, ar e um líquido gerador de espuma (específico para este uso), são indicados para as classes A e B, mas não para a C, devido à presença de água, e atua através do abafamento, evitando que um incêndio consiga se propagar. O tipo de extintor mais versátil é o de carga de pó ABC, cujo agente extintor é baseado em fosfato de amônia e atua na inibição da reação em cadeia, essencial para o fogo (COSTA, 2009). Por combater as três classes mais comuns de fogo, pode ser indicado para a maioria dos locais.

**Figura 4** – Extintor de CO<sub>2</sub>



Fonte – COSTA (2009)

De acordo com a Norma ABNT 12693 (2013, p. 4), “cada pavimento deve possuir no mínimo duas unidades extintoras, sendo uma para incêndio classe A e outra para incêndio classe B e classe C”. Em termos de distribuição dos extintores, a norma estabelece a distância máxima a ser percorrida de qualquer local da edificação até o extintor mais próximo, de acordo com a sua classificação de risco. Museus, por exemplo, classificados como de risco médio, devem ter a distância máxima a percorrer, a partir de qualquer local até o extintor mais próximo, de 20m (ABNT, 2013). Extintores portáteis devem ser instalados em paredes, com altura determinada

por norma ou em suportes para piso, que também têm altura certa e devem ser fixados “de tal forma a evitar a remoção, mesmo que temporária” (GDF, 2015a).

## 2.6 Hidrantes de parede

Outro item comumente exigido pelo Corpo de Bombeiros é o sistema de hidrantes de parede (Figura 5). Este sistema requer uma infraestrutura maior e, portanto, uma intervenção mais complexa em edificações construídas. É necessário um reservatório de água, tubulações galvanizadas e bombas de incêndio. Este sistema consegue atuar não somente no foco inicial, mas como uma alternativa efetiva de combate ao fogo, todavia requer maior conhecimento e prática sobre o seu funcionamento.

Figura 5 – Exemplo de hidrante de parede



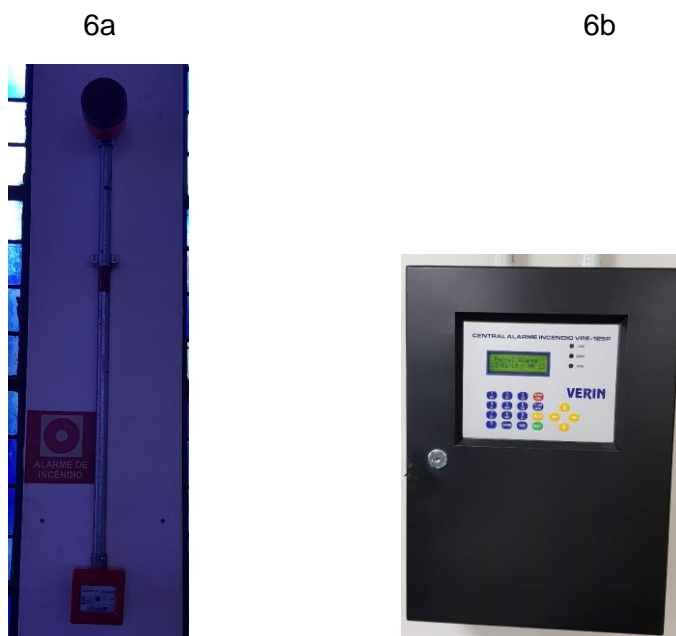
Fonte – Produção da autora (2019)

## 2.7 Alarme de acionamento manual

Dependendo do uso e ocupação da edificação e a partir de determinada área e/ou altura, é obrigatório o uso de alarmes de acionamento manuais (GDF, 2017a). O

acionador manual é um dispositivo, ativado por um usuário da edificação, que dispara um alarme sonoro e/ou visual (Figura 6a), alertando sobre a existência de incêndio, além de ser ligado a uma central de alarme de incêndio (Figura 6b). A central deve ficar em local protegido e supervisionado, como na portaria de um condomínio, por exemplo, podendo ser endereçável, com indicação clara de cada local de alarme (ou detecção) identificado.

**Figuras 6a e 6b** – Exemplo de acionamento manual, sirene áudio/visual e central de alarme



Fonte – Produção da autora (2019)

## 2.8 Detecção

Em consonância com o alarme de acionamento manual está o sistema de detecção de incêndio. Geralmente, estes sistemas são integrados acionando o sistema de sirene e ligados a uma única central de alarme. Os detectores são dispostos nos ambientes da edificação, conforme o seu uso, podendo detectar, por exemplo, fumaça (Figura 7) ou elevação brusca de temperatura.

**Figura 7 – Detector de fumaça**



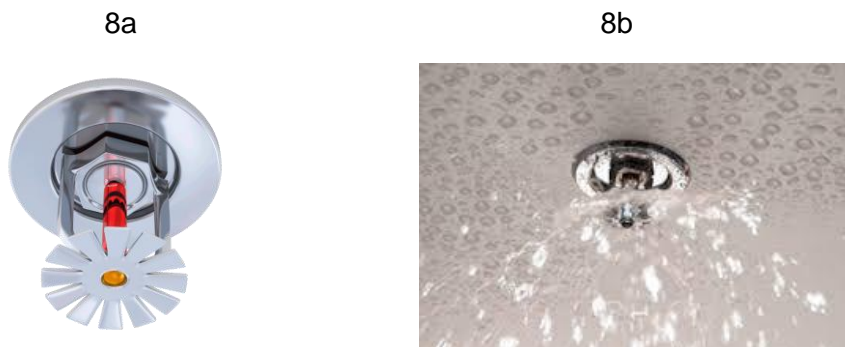
Fonte – Produção da autora (2019)

## **2.9 Chuveiros automáticos**

O sistema de chuveiros automáticos, ou sprinklers (Figura 8a), é ainda mais complexo, requerendo grande intervenção. No seu formato mais básico, ele é composto por uma grande reserva de água, interligado a redes de tubulações dispostas por toda a edificação, ligadas por chuveiros calibrados para liberarem água em grande quantidade no local desejado (Figura 8b), quando houver elevação de temperatura. Existem, no entanto, sistemas diferentes de sprinklers de água que podem ser utilizados em locais aonde a água não seria o agente mais recomendado para combate.

Um sistema conhecido, por exemplo, é a utilização do gás extintor FM 200, que entra em ação em menor tempo que o sistema tradicional e, além de não apresentar danos ao ser humano, pode ser utilizado em fogos de material comum, combustíveis, de líquidos inflamáveis e elétricos (CHEMOURS, [2019]).

**Figuras 8a e 8b** – Exemplo de *sprinkler* de água e seu acionamento



Fonte – <http://www.rwengenharia.eng.br/sprinkler-como-funciona/> (2016)

## 2.10 Sistema de proteção contra descargas atmosféricas

O sistema de proteção contra descargas atmosféricas, ou SPDA (Figura 9), é exigido em determinadas alturas e áreas das edificações. Este sistema é destinado a proteger o prédio contra descargas atmosféricas (raios) que possam vir a atingir a estrutura. Ele inclui a devida interligação por exemplo, de elementos metálicos em coberturas com uma linha de descida aterrada, com continuidade garantida desde o topo até o final. Atualmente, é comum a integração desse sistema à própria estrutura da edificação, considerando, no caso de concreto armado, que a armação do concreto deve ser interligada desde a cobertura até a fundação do prédio.

**Figura 9** – Exemplo de instalação de cordoalha de cobre sobre telhas, como parte do SPDA



Fonte – Produção da autora (2019)



## 2.11 Medidas complementares

Além dos sistemas indicados pelo Corpo dos Bombeiros, a portaria nº366 do Ministério da Cultura - IPHAN (BR, 2018) estabelece que existem “medidas complementares mitigadoras” que podem ser utilizadas quando os sistemas exigidos não forem condizentes com requerido respeito à edificação e à sua história. A lista inclui medidas já consideradas indispensáveis pelos Bombeiros, como alarme e detecção, portas secundárias, gases inertes, sprinklers, e brigada de incêndio, de forma a recomendar seu uso, quando observada a necessidade, mesmo sem a obrigatoriedade. Além destas, ficam incluídos: hidrantes públicos de rua; controle de fumaça e uso de material retardante de chamas (BR, 2018).

Conforme destacado por Rosicka (2009), é necessário haver um “plano de desastre”, que identifique procedimentos e recomendações a serem seguidos em caso de emergência. Este plano se aproxima ao PPCIA – Plano de Prevenção e Combate a Incêndio e Abandono, que

Detalha o planejamento das ações de prevenção e combate a incêndio, além das formas de abandono e evacuação, e analisa recursos internos e externos ao local, de modo a permitir e controlar a situação em caso de emergência, proteger a vida e o patrimônio e reduzir as consequências sociais do sinistro e os danos ao meio ambiente (GDF, 2016).

A obrigatoriedade do PPCIA no Distrito Federal se limita a algumas características da edificação, como área e altura, ou da sua população. Muitas edificações históricas podem não se enquadrar nestas regras de obrigatoriedade, mas, devido à importância dos prédios, pode ser interessante a elaboração de um plano de desastre.

O plano de Rosicka (2009), no entanto, vai além do que estabelece o PPCIA, considerando medidas a serem tomadas, não só em caso de incêndio, mas também em outras situações de emergência, em relação aos equipamentos, materiais e infraestrutura do prédio. Além de resguardar vidas, também visa salvar potenciais artefatos importantes dentro das edificações históricas, listando locais de segurança para onde levar os objetos, considerando o meio de transporte, rotas para os locais e como lidar corretamente com eles.

Segundo Barker (2010), existem quatro passos na elaboração de um plano desse tipo: preparação (obtendo projetos da edificação e conhecendo a sua história), prevenção (identificando as possíveis fontes de incêndio, como materiais inflamáveis, e removendo-as ou garantindo um bom armazenamento), proteção (a inclusão de sistemas contra incêndio) e manutenção (a garantia de conservação dos princípios definidos).

### 3 ESTUDO DE CASO DO DISTRITO FEDERAL

Como todo projeto contra incêndio deve ser aprovado pelo Corpo de Bombeiros, presumiu-se que seria possível encontrar os documentos de qualquer edificação nessa instituição, especialmente aquelas de importância histórica, existentes já há muitos anos. No entanto, a dificuldade de obtê-los, tanto nos arquivos do Corpo de Bombeiros, quanto no IPHAN, na Secretaria de Patrimônio Cultural ou na própria edificação evidencia a complexidade da burocracia e, talvez, a falta de importância dada para o projeto de segurança.

Por meio de vistorias simplificadas (*walk through*), observando os dispositivos contra incêndio e pânico instalados e seu funcionamento, foram analisados três locais de interesse cultural, histórico e turístico em Brasília, DF: o Catetinho, o Santuário Dom Bosco e o Conjunto Cultural da República.

#### 3.1 Catetinho

O Catetinho, ou “Palácio de Madeira” (Figura 10), foi construído em 1956 com o objetivo de facilitar o acompanhamento da construção da nova capital pelo então presidente Juscelino Kubitschek e, inicialmente, como sede de governo. Ele foi tombado a pedido do próprio presidente e virou responsabilidade da antiga Diretoria do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional manter a conservação e integridade da edificação (MOREIRA, 1980).

**Figura 10** - Catetinho



Fonte – Produção da autora (2019)

A respeito dos materiais utilizados na edificação do Catetinho, Moreira (1980, p. 6) explica:

Sua estrutura consiste em pilotis de madeira, tirada da mata vizinha, sobre uma base de pedra da própria região. Uma escada exterior, em peroba, dá acesso ao primeiro pavimento que apresenta uma estrutura vertical e horizontal com barrotes e vigotes de madeira aparelhada, sendo algumas delas em peroba. As vedações (paredes) têm requadramento de pinho, com chapas tipo duratex e algumas com taboado tipo forro paulista. Todo forrado com forro paulista, sua cobertura é em alumínio.

Por mais que seja uma construção frágil e de caráter provisório, destinada a dar abrigo mínimo ao presidente Kubitschek durante o período em que acompanhava as obras de construção de Brasília, o fato é que hoje o Catetinho é um lugar de visitação essencial para quem se interessa pela história da cidade. Deve, portanto, estar preparada para a sua função documental e educativa contemporânea.

De acordo com a NT n°01/2016 (GDF, 2017a), e pela área aproximada do Catetinho, os sistemas obrigatórios a serem instalados seriam somente os básicos: saídas de emergência, sinalização de segurança contra incêndio, iluminação de emergência e extintores de incêndio.

Todos os extintores encontrados no Catetinho são do tipo dióxido de carbono, que combate fogos de classe B e C (Figura 11), utilizado em líquidos inflamáveis e

equipamentos elétricos. A edificação, no entanto, conforme descrito acima, é feita primariamente de madeira, com instalações e mobiliário simples. Ou seja, apesar da quantidade de extintores instalados cobrir toda a área, considerando a distância a percorrer, os extintores mais recomendados seriam aqueles com capacidade extintora para fogos de classe A.

Figura 11 – Extintor do Catetinho do tipo CO<sub>2</sub> para incêndios do tipo BC



Fonte – Produção da autora (2019)

Em termos de iluminação de emergência, já há, em alguns locais, luminárias adequadas. No entanto, estas luminárias se encontram principalmente dentro dos ambientes, como salas, quartos, etc. (Figuras 12a e 12b). Apesar de o Catetinho funcionar em horário comercial, quando ainda há luz natural, e a edificação ser

aberta, seria interessante instalar mais algumas luminárias estrategicamente posicionadas (como no corredor principal), como precaução.

**Figuras 12a e 12b** – Quartos com iluminação de emergência no Catetinho

12a



12b



Fonte – Produção da autora (2019)

Mais importante em termos de sistema contra pânico seria a adequação do guarda-corpo. Como o corrimão existente na escada está em condição íntegra, pode ser considerado “elemento utilizável” (IPHAN, 2018). De acordo com um funcionário do local, muitas escolas fazem visitas com seus estudantes durante a semana e por famílias, no fim de semana. Especialmente importante, então, por causa da frequência de crianças, que muitas vezes são mais baixas do que o próprio corrimão (como pode ser visto no exemplo da Figura 13), a adição de um guarda-

corpo de vidro acrílico ou policarbonato transparente, por exemplo, na escada e em toda a extensão da varanda superior poderia respeitar o aspecto arquitetônico histórico da edificação e proporcionar mais segurança aos seus usuários.

Por ser um bem histórico tombado, o Catetinho deve ser conservado no que diz respeito às características que lhe conferem valor cultural, e este tipo de interferência deve ser autorizada pelo órgão competente, que julga se constitui “mutilação” (RABELLO, 2015) ou deturpação do original. Os materiais sugeridos, portanto, devem ser transparentes para obter equilíbrio entre segurança e a característica documental da edificação.

**Figura 13** – Corrimão mais alto que crianças no Catetinho

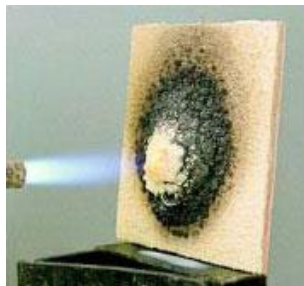


Fonte – Produção da autora (2019)

Além disso, como uma solução complementar para utilização na segurança contra incêndio no Catetinho, tintas e vernizes antichamas poderiam ser usadas como retardantes, impedindo que um princípio de fogo se alastre. O verniz protege a madeira através da sua própria carbonização em contato com o fogo, o que age como uma “barreira física resistente à propagação da chama” (SANTANA et al., 2013). Já a tinta intumescente cria esta barreira através da sua expansão volumétrica, podendo chegar a uma espessura 40 vezes maior que a original quando em contato com altas temperaturas, conforme a Figura 14. Quando o incêndio for resolvido, remove-se esta barreira, limpando e lixando o material, que estará conservado. Desta forma,

estes materiais poderiam garantir maior proteção à estrutura, sem afetar o aspecto arquitetônico.

**Figura 14** – Exemplo de atuação de tinta intumescente



Fonte - [http://www.renglan.com.br/prote%C3%A7%C3%A3o\\_passiva.html](http://www.renglan.com.br/prote%C3%A7%C3%A3o_passiva.html) (2019)

Considerando as características do Catetinho, não seria obrigatória a elaboração de um PPCIA. Levando em conta, no entanto, a sua importância histórica, especialmente da edificação em si, mas também dos objetos que lá se encontram, seria interessante a elaboração de um plano de desastre conforme descrito acima.

### **3.2 Santuário Dom Bosco**

O Santuário Dom Bosco (Figura 15), uma das sete maravilhas culturais de Brasília, é uma igreja inaugurada em 1970 com 80 colunas de 16 metros separando vitrais azuis. Dentro, há um lustre de vidro de 3,5m de altura enquanto as portas são feitas de ferro e bronze (SANTUÁRIO DOM BOSCO, 2019).



**Figura 15** – Santuário Dom Bosco



Fonte – Produção da autora (2019)

A presença de sistemas contra incêndio é bem visível assim que se entra na igreja (Figuras 16a e 16b). Existem alarmes de acionamento manual e sirene, luzes de emergência, hidrantes, extintores e sinalizações em todas as paredes do interior.

**Figuras 16a e 16b** – Sistemas contra incêndio instalados no Santuário Dom Bosco

16a



16b



Fonte – Produção da autora (2019)



No entanto, apesar do fato da parte principal da igreja já ter sistemas instalados, não há nada do gênero na parte inferior (Figura 17). Mesmo que este pavimento seja bem menor, seria indicada também sistemas como alarme de acionamento manual, sinalização, hidrante e extintor, inclusive porque a classificação se aplica à edificação como um todo. Havendo estes sistemas no pavimento principal, deveriam existir na parte inferior.

**Figura 17** – Parte inferior do Santuário Dom Bosco, sem a presença de sistemas contra incêndio



Fonte – Produção da autora (2019)

Apesar da existência de sistemas bem distribuídos, este local é um exemplo da importância de manutenção. É possível observar que os alarmes de acionamento manual não piscam, evidenciando a possibilidade de o sistema não estar funcionando ou estar desligado. Existem indicações de extintores em locais suficientes (placa indicativa) mas em alguns desses locais, não há extintores e/ou os extintores presentes estão fora da validade (Figura 18a). A sinalização também se encontra fora de norma (ABNT NBR 13434/2004), e há locais em que seria interessante reposicioná-los (por exemplo, estas apontam a saída para a descida dos banheiros) (Figura 18b).

**Figuras 18a e 18b** – Sinalização de saída de emergência apontando para banheiros e falta de extintor no Santuário

18a



18b



Fonte – Produção da autora (2019)

### 3.3 Conjunto Cultural da República

O Conjunto Cultural da República, na Esplanada dos Ministérios, é formado pelo Museu Nacional e a Biblioteca Nacional de Brasília (Figura 19). Previstas desde o Relatório do Plano Piloto 1 de Lúcio Costa, as duas edificações são obras de Oscar Niemeyer.

**Figura 19** – Museu Nacional (à frente) e Biblioteca Nacional de Brasília (aos fundos e à direita)



Fonte – Produção da autora (2019)

O museu, inaugurado em 2006 é um prédio semiesférico, composto por uma cúpula de 15.000m<sup>2</sup>, que abriga espaços para exposições e dois auditórios. A estrutura é toda de concreto, inclusive a cobertura, que “recebeu impermeabilização contra água e ressecamento...” (SECRETARIA DE ESTADO DE CULTURA E ECONOMIA CRIATIVA, [2019]). Já a Biblioteca foi aberta ao público em 2008 como um local de estudos e realização de eventos culturais e exposições.

Considerando que o museu tem área total de 15.000m<sup>2</sup>, de acordo com a SECEC, todos os sistemas constantes na NT n° 01 do CBMDF seriam obrigatórios: saídas de emergência, sinalização de segurança contra incêndio, iluminação de emergência, extintores de incêndio, hidrantes, alarme de incêndio, detecção, chuveiros automáticos e sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

No acervo do Corpo de Bombeiros do Distrito Federal, depois de consulta a muitas pastas, com projetos tão antigos que dificultam a leitura e identificação de prédios não mais existentes, foi possível encontrar um projeto atualizado do Museu Nacional. Em rápida visualização do projeto, aprovado pelo CBMDF, foi possível encontrar uma atualização às normas vigentes, incluindo, além dos sistemas básicos, chuveiros automáticos. No entanto, não havia (ou, pelo menos, não foi encontrado) nenhum documento de vistoria que comprovasse que aquele projeto tivesse sido executado.

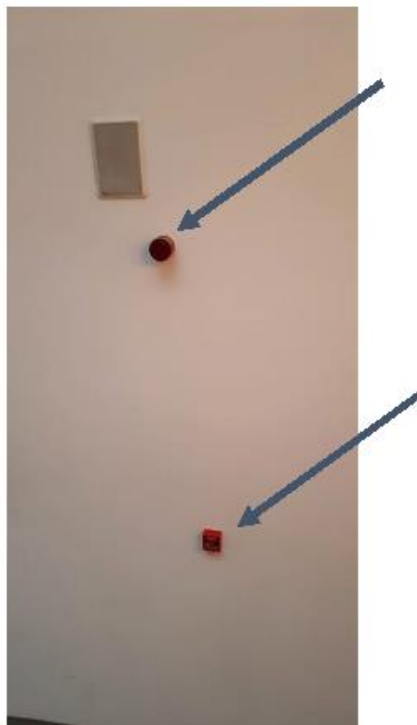
À primeira vista entrando no museu, não é possível identificar muitos sistemas contra incêndio e pânico (Figura 20). O museu, aqui referido somente à área de exposições, sem detalhes acerca dos auditórios, se encontrava com espaço limitado de visita, devido às obras para mudança de exposição. Mesmo assim, foram identificados alguns extintores espalhados por toda a área, três pontos de alarme de acionamento manual e sirene, e quatro hidrantes. Apesar de ser possível que haja mais alguns pontos instalados, ficou evidente a falta de atenção dada a estes sistemas.

**Figura 20** – Interior do Museu Nacional, com alguns sistemas contra incêndio visíveis



Fonte – Produção da autora (2019)

Um dos alarmes de acionamento manual na parte aberta para visitação, por exemplo, só foi localizado devido à sirene – o alarme em si está bloqueado por alguns armários e não há placa indicando sua localização (Figura 21a). O outro ponto de alarme nesta área também não era facilmente identificado (inclusive devido ao formato da edificação, com paredes inclinadas e todas brancas, fazendo qualquer objeto nelas serem irreconhecíveis), pois não havia sinalização adequada, e este não aparentava estar funcionando (pois a luz indicativa não piscava) (Figura 21b).

**Figuras 21a e 21b** – Alarmes e sirenes instalados no Museu Nacional

Fonte – Produção da autora (2019)

Os extintores, apesar de presentes em maior quantidade, não estavam fixados, conforme exigido pela norma do CBMDF, nem sinalizados por placas e, apesar de estarem dentro da validade, eram do tipo B-C (Figura 22), o que, novamente, nem sempre é o mais indicado, por não abranger a classe de fogo A (madeira, papel, etc.).

Figura 22 – Extintor de pó BC no Museu Nacional



Fonte – Produção da autora (2019)

Não foi possível localizar nenhuma iluminação de emergência e, no teto do museu (Figura 23), nenhum detector ou sprinkler, conforme o projeto encontrado no arquivo havia indicado. Talvez a estrutura particular em forma de cúpula dificulte a instalação do sistema de chuveiros automáticos, uma execução de maior complexidade, de forma que não comprometa o aspecto arquitetônico. No entanto, outros métodos mitigadores devem ser implantados para assegurar maior segurança. Em termos de detecção, existem, por exemplo, sistemas sem fio, que poderiam ser facilmente instalados, sem afetar o aspecto do teto, e até utilizado em áreas temporárias (quando criadas para exposições).

**Figura 23** – Teto do Museu Nacional, sem a presença de sprinklers ou detectores



Fonte – Produção da autora (2019)

Também por causa da sua estrutura circular e paredes brancas, em uma situação em que haja fumaça, por exemplo, um usuário que se encontre no meio da edificação pode ter grande dificuldade em localizar as saídas, pois só existem duas (duas outras portas dão para uma rampa que dá a volta no edifício) e não há clara sinalização. É necessário destacar que, por motivos funcionais, a área principal do museu não tem compartimentação fixa no ambiente (as paredes são feitas de forma provisória, de acordo com a necessidade de cada exposição), o que também agrava a propagação de um possível incêndio.

Na Biblioteca Nacional (Figura 24), já foi possível visualizar mais sistemas contra incêndio e pânico. Havia sistema de sprinklers instalados (Figura 25a), além de hidrantes, extintores (Figura 25b), algumas placas, portas corta fogo na escada de emergência, alarme de acionamento manual e detectores. Além disso, foi observada também a presença de brigada de incêndio, composta por bombeiros civis, rondando o local de acesso ao público, o que também sugere que deve haver um PPCIA para a biblioteca. Importante neste caso, então, seria a certeza que este plano está atualizado e é conhecido não só pela brigada, mas também pelos funcionários e usuários.



**Figura 24** – Biblioteca Nacional de Brasília



Fonte – Júnior Aragão e Téo Pini/Secult-DF (2019)

**Figuras 25a e 25b** – Sistemas contra incêndio instalados dentro da Biblioteca Nacional

25a



25b



Fonte – Produção da autora (2019)

Apesar disso, seria interessante a manutenção destes sistemas, pois não havia placas de sinalização em quantidade suficiente e os detectores não estava piscando, indicando a falta de funcionamento.



## 4 CONCLUSÃO

Após vistorias breves a alguns locais de interesse público e de importância histórica em Brasília, foi possível visualizar a falta de cuidado que certos lugares têm em relação aos sistemas de segurança contra incêndio e pânico. A Tabela 1 resume os pontos encontrados em cada edificação, lembrando que a mera presença do sistema não significa, necessariamente, o seu pleno funcionamento. Como as visitas foram feitas de maneira informal, há a possibilidade de haver mais detalhes acerca dos projetos, manutenção e execução de outros sistemas, cuja observação não foi possível.

**Tabela 1** – Resumo dos sistemas identificados nos locais visitados

Sistema	Catetinho	Santuário Dom Bosco	Conjunto Cultural da República
Saídas	Falta guarda-corpo	Suficiente	Talvez insuficiente no museu
Sinalização	Em alguns locais	Desatualizadas	Desatualizadas ou inexistentes
Iluminação	Em algumas salas	Falta no pav. inferior	Não localizado
Extintores	Quantidade suficiente; classe incorreta	Fora de vencimento, fora do local ou inexistente	Classe incorreta no museu
Hidrantes		Falta no pav. inferior	Aparentemente funcional
Alarmes			Não piscam

Detectores			Não localizados no museu; Não piscam na biblioteca
<i>Sprinklers</i>			Não localizados no museu; Aparentemente funcional na biblioteca

Fonte – Produção da autora

De qualquer forma, do ponto de vista dos equipamentos disponíveis ao usuário, fica clara a necessidade urgente de se tomar maior cuidado com a segurança. Os sistemas deveriam receber constante manutenção e os órgãos deveriam ter mais cuidado para seguir as normas corretamente, tanto o Corpo dos Bombeiros em vistorias, quanto o próprio órgão responsável pela edificação, por respeito ao patrimônio e a seus frequentadores.

Infelizmente, quando se refere a edificações históricas e/ou tombadas, cuja arquitetura é sempre de fundamental importância, os sistemas de proteção podem interferir na percepção do patrimônio enquanto documento histórico. Porém, apesar de esperarmos que nunca sejam concretamente necessários, o melhor seria sempre tê-los instalados e de fácil acesso, garantindo a segurança das pessoas e, até, da própria edificação.

## REFERÊNCIAS

ABNT. *NBR 12693*. Sistemas de proteção por extintor de incêndio. 2013.

ABNT. *NBR 13434-3*. Sinalização de segurança contra incêndio e pânico – Parte 3: requisitos e métodos de ensaio. 2005.

BARKER, P. Fire safety and heritage buildings. NBS. 2010. Disponível em: <<https://www.thenbs.com/knowledge/fire-safety-and-heritage-buildings>>. Acesso em: 23 ago. 2019.

CHEMOURS. FM-200 waterless fire suppression systems. Fire Extinguishants. [2019]. Disponível em: <[https://www.chemours.com/FE/en\\_US/products/FM200.html](https://www.chemours.com/FE/en_US/products/FM200.html)>. Acesso em: 13 ago. 2019.

COSTA, André Diogo Pinheiro da. *Meios de Extinção de Incêndio – Extintores Portáteis*. 2009. Relatório de projeto (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60512/1/000136918.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2019.

GDF. Lei Nº 5766 de 14/12/2016. Dispõe sobre a obrigatoriedade e a frequência de realização de treinamento preventivo e implementação do Plano de Prevenção, Combate a Incêndio e Abando – PPCIA nas edificações e nas atividades eventuais do Distrito Federal. *Diário Oficial do Distrito Federal*, Brasília, 27 dez. 2016.

GDF. Norma Técnica Nº 01/2016 – CBMDF. Medidas de segurança contra incêndio no Distrito Federal. *Diário Oficial do Distrito Federal*, Brasília, n. 004. 6 jan. 2017a.

GDF. Norma Técnica Nº 02/2016 – CBMDF. Risco de incêndio e carga de incêndio. *Diário Oficial do Distrito Federal*, Brasília, n. 004. 5 jan. 2017b.

GDF. Norma Técnica Nº 03/2015 – CBMDF. Sistema de proteção por extintores de incêndio. *Diário Oficial do Distrito Federal*, Brasília, n. 60. 26 mar. 2015a.

GDF. Norma Técnica Nº 10/2015 – CBMDF. Saídas de emergência. *Diário Oficial do Distrito Federal*, Brasília, n. 014. 19 jan. 2015b.

GOUVEIA, Antonio Maria Claret. *Análise de risco de incêndio em sítios históricos*. 1ª ed. Brasília, IPHAN/ Monumenta, 2006.

ICOMOS. The Burra Charter. 1999. Disponível em: <[http://icomosubih.ba/pdf/medjunarodni\\_dokumenti/1999%20Povelja%20iz%20Bur%20o%20mjestima%20od%20kulturnog%20znacenja.pdf](http://icomosubih.ba/pdf/medjunarodni_dokumenti/1999%20Povelja%20iz%20Bur%20o%20mjestima%20od%20kulturnog%20znacenja.pdf)>. Acesso em 23 ago. 2019

MINISTÉRIO DA CULTURA (BR). Portaria nº 366, de 04 de setembro de 2018. Dispõe sobre diretrizes a serem observadas para projetos de prevenção e combate ao incêndio e pânico em bens edificados tombados. *Diário Oficial da União*. 06 set. 2018; Ed. 173, Seção 1. Disponível em: <[http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/portaria\\_n\\_3662018\\_\\_incendios.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/portaria_n_3662018__incendios.pdf)>. Acesso em: 15 maio 2019.

MOREIRA, R. Catetinho, 24 anos depois. *SPHAN*, Brasília, n. 7, p. 5-6, 1980. Disponível em: <[http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Boletim\\_07.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Boletim_07.pdf)>. Acesso em: 12 abr. 2019.

RABELLO, S. O tombamento. Dicionário IPHAN de Patrimônio Cultural. 1 ed. Rio de Janeiro, Brasília: IPHAN, 2015. Disponível em: <[http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Tombamento%20pdf\(1\).pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Tombamento%20pdf(1).pdf)>. Acesso em: 24 ago. 2019.

ROSICKA, Z. Fire extinguishing technique can help saving cultural treasure. *Proceeding of 13<sup>th</sup> International Conference. Transport Means*, República Tcheca. 2009.

SANTANA, P. et al. Tratamento anti-chamas para madeiras utilizadas na construção civil. *Cadernos de graduação*, Sergipe, v. 1, n. 17, p. 99-108, out. 2013.

SANTUÁRIO DOM BOSCO. Histórico. *Santuário São João Bosco*. Disponível em: <<http://santuariodombosco.org.br/historico/>>. Acesso em: 08 jun. 2019.

SECRETARIA DE ESTADO DE CULTURA E ECONOMIA CRIATIVA (SEDEC). *Museu Nacional*. [2019]. Disponível em: <<http://www.cultura.df.gov.br/museu-nacional/>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

SILVEIRA, D. Incêndio que destruiu o Museu Nacional começou no ar-condicionado do auditório, diz laudo da PF. *GI*, Rio de Janeiro, abr. 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2019/04/04/policia-federal-divulga-laudo-de-incendio-que-destruiu-o-museu-nacional-no-rio.ghml>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

WALSH, N. Why the Notre-Dame Cathedral Fire was So Difficult to Tackle. *ArchDaily*, abr. 2019. Disponível em: <<https://www.archdaily.com/915195/why-the-notre-dame-cathedral-fire-was-so-difficult-to-tackle>>. Acesso em: 01 mai. 2019.

# INFLUÊNCIA DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS NA PROPAGAÇÃO DE UM INCÊNDIO

Mariana Pereira Gerez<sup>1</sup>

Eduardo Loureiro

## RESUMO

Nas últimas décadas, o desenvolvimento tecnológico trouxe enormes mudanças nos sistemas construtivos. Com esses avanços, as áreas construídas sem compartimentação (vãos abertos) se tornaram maiores e aumentou o uso de fachadas envidraçadas, além do uso de novos materiais incorporados aos elementos construtivos. Tais modificações, aliadas ao número crescente de instalações e equipamentos de serviço, agregam riscos de incêndio que anteriormente não existiam. O crescente número de grandes incêndios no Brasil e no Exterior levantaram o questionamento sobre o que está sendo feito para controlar e direcionar o uso dos diversos materiais de construção e acabamento nas edificações. Percebeu-se que a reação ao fogo dos materiais construtivos, notadamente os de revestimento de pisos, paredes, tetos e fachadas, tem grande influência sobre o tempo disponível para a evacuação das pessoas que utilizam a edificação. O estudo analisa a influência dos materiais construtivos na propagação e nos danos causados por incêndios em edificações urbanas, identificando as principais diretrizes para garantir a segurança contra incêndios de uma edificação, destacando práticas internacionais de referência no que se refere ao controle dos materiais construtivos a serem empregados na edificação, além dos principais critérios a serem buscados na escolha dos materiais. Realiza ainda uma análise dos principais Códigos Estaduais de Segurança Contra Incêndio utilizados no Brasil para verificar qual o nível de controle estabelecido pelas regulamentações nacionais na especificação dos materiais construtivos de forma a garantir a segurança contra incêndio das edificações. Ao final são apresentadas sugestões para melhorar a segurança contra incêndio nas edificações urbanas com base no controle dos materiais construtivos empregados.

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UnICEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Projeto, Execução e Manutenção de edificações. Orientador: Prof. Eduardo Loureiro.

**Palavras-chave:** Incêndio. Reação ao fogo. Materiais construtivos.

## ABSTRACT

In the last decades, the technological development brought huge changes in the constructive systems. With these advances, the built areas with open spaces became larger and increased the use of glazed facades, besides the use of new materials incorporated to the constructive elements. Such modifications, allied with the growing number of facilities and service equipment, add fire hazards that previously did not exist. The increasing number of big fires in Brazil and in the entire world have raised the question of what is being done and how to direct the use of the various materials of construction and finishing in the buildings. It was noticed that the reaction to fire of building materials, especially the coating floors, walls, ceilings and facades, has big influence on the time available for the evacuation of people that are using the building. The study analyzes the influence of building materials in the spread and damage caused by fires in urban buildings, identifying the main guidelines to ensure safety against a building fire, highlighting leading international practices in regard to control of the building materials to be employees in the building, besides the main criteria to be sought in the choice of materials. It also performs an analysis of the main State Fire Safety Codes used in Brazil to verify the level of control established by national regulations in the specification of construction materials in order to guarantee the fire safety of buildings. Lastly, suggestions are presented to improve fire safety in urban buildings based on the control of the building materials used.

**Keywords:** Fire. Reaction to fire. Construction materials

## 1 INTRODUÇÃO

A segurança contra incêndio, no Brasil, tem estado em evidência nas últimas décadas, pois grandes sinistros levaram esta questão a ser repensada com mais atenção.

Durante o processo de seleção dos materiais construtivos (revestimento/acabamento) a serem utilizados em uma edificação, deve-se evitar os que possuem facilidade de sofrer ignição e os que a sustentam. Um incêndio não deve se iniciar a partir dos materiais que compõem o edifício. Os materiais que estão contidos no edifício, que são objeto de uso e não construtivos, são os que normalmente se ignizam em primeiro lugar, mas a propagação pelos materiais de construção deve ser evitada, a fim de não promover maiores danos à estrutura, nem dificuldades à fuga dos usuários.

A reação ao fogo dos materiais construtivos, notadamente os de revestimento de pisos, paredes, tetos e fachadas, tem grande influência sobre o tempo disponível para a evacuação das pessoas que utilizam a edificação. São informações que não podem ser ignoradas quando do planejamento dos materiais utilizados e não podem ser suplantadas por preocupações de minimização de custo.

De fato, a velocidade com que condições insustentáveis são criadas em um ambiente depende de parâmetros como a velocidade de propagação das chamas, o volume e a densidade ótica da fumaça gerada e da razão de liberação de calor. No caso das edificações em que a ocupação é aberta ao público, podendo haver ocasionalmente grande concentração de usuários, o controle da reação ao fogo dos materiais é importante na redução do risco de danos à vida. (GOUVEIA; ETRUSCO, 2002).

A importância da reação ao fogo dos materiais é resumida da seguinte forma: as chamas, a fumaça, o calor do fogo, o número de vítimas, o pânico dos usuários e a severidade do incêndio, estão relacionados com a reação ao fogo dos materiais combustíveis contidos no edifício e os agregados ao sistema construtivo. Já a integridade dos elementos de compartimentação e estruturas, a dificuldade de propagação do fogo entre compartimentos, a eficácia da atuação dos elementos de extinção e as possíveis vidas resgatadas e bens salvados dependem da resistência ao fogo dos materiais que compõem o edifício e da sua própria estrutura (MITIDIERI; IOSHIMOTO, 1998).

A importância do planejamento nesta área é medida pelos sinistros e danos evitados e não unicamente pelos incêndios extintos. Neste processo preventivo os projetistas têm participação fundamental. Apesar disto, a criação arquitetônica, e muitos dos projetos derivados, ainda são feitos à margem do conhecimento da ciência da prevenção contra o fogo. (NETO, 1995)

Este estudo tem por objetivo analisar o desempenho dos materiais construtivos durante propagação e nos danos causados por incêndios em edificações urbanas e propor soluções para a execução de edificações mais seguras.

A partir do objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Definir as principais diretrizes para garantir a segurança contra incêndios de uma edificação;
- Analisar o desempenho dos materiais construtivos na propagação do incêndio e nos danos causados às pessoas e a edificação;
- Pesquisar práticas internacionais de referência no que se refere ao controle dos materiais construtivos de forma a garantir a segurança contra incêndio da edificação;
- Analisar os critérios estabelecidos na legislação nacional e a efetividade desta na segurança contra incêndio no que se refere ao controle dos materiais construtivos utilizados;
- Estudar o incêndio ocorrido no edifício residencial Grenfell Tower em Londres buscando analisar a contribuição dos materiais construtivos na propagação do incêndio e nos danos consequentes;
- Propor soluções para garantir a execução de edificações mais seguras no que se refere ao controle dos materiais construtivos utilizados.

Como método de procedimento foi realizada pesquisa bibliográfica e documental para o estabelecimento do referencial teórico. O trabalho foi estruturado a partir da análise das bases conceituais e normativas que serão apresentadas.

Foram estudadas e apresentadas as etapas que compõem a execução de uma edificação para localizar em que etapa é feita a escolha dos materiais construtivos e como a antecipação dessa escolha poderia aumentar o controle dos materiais escolhidos.

Analisaram-se as regulamentações e normativas utilizadas no Brasil, assim como as práticas internacionais, com foco nas exigências mínimas quanto à reação ao fogo dos materiais e nos parâmetros de desempenho dos materiais construtivos exigidos.

Foi feita a apresentação de conceitos fundamentais na parte de segurança contra incêndio relacionados ao desempenho dos materiais construtivos e a partir dos mesmos, foi realizada uma pesquisa sobre requisitos gerais de desempenho de uma



edificação quanto à segurança contra incêndio e o desempenho dos materiais construtivos para garantir a segurança.

Por fim, fez-se a proposição de soluções para melhorar a segurança contra incêndio das edificações no que se refere ao controle dos materiais construtivos utilizados.

No primeiro capítulo faz-se referência aos grandes incêndios ocorridos no Brasil. O segundo capítulo destina-se a descrever os requisitos de segurança contra incêndio. O terceiro capítulo dispõe sobre as etapas que compõem a execução de uma edificação. No quarto capítulo explica-se a interferência dos materiais construtivos. No quinto capítulo analisa-se as regulamentações e normas internacionais enquanto no sexto analisa-se os requisitos nacionais na especificação dos materiais construtivos. Por fim, no oitavo capítulo analisa-se o incêndio do Grenfell Tower em Londres.

## **2 GRANDES INCÊNDIOS: A IDENTIFICAÇÃO DA INTERFACE ENTRE OS MATERIAIS E A PROPAGAÇÃO DO FOGO**

Foram apresentados alguns dos maiores incêndios ocorridos no Brasil ao longo dos anos, que viraram incêndios de grande magnitude por causa dos materiais construtivos ou de acabamento utilizados.

### **2.1 Gran Circo, Niterói- 1961**

O Gran Circo Norte-Americano estreou em Niterói em 15 de dezembro de 1961. Os anúncios diziam que era o maior e mais completo circo da América Latina e uma tinha como grande diferencial uma lona nova em náilon e peso de 150 toneladas. Com três mil pessoas na plateia, faltando 20 minutos para o espetáculo acabar, uma trapezista notou o incêndio. Em pouco mais de cinco minutos, o circo foi completamente devorado pelas chamas. 372 pessoas morreram na hora e, aos poucos, vários feridos morriam, chegando a mais de 500 mortes, das quais 70 % eram crianças (Figura 01). A lona, que deveria ser de náilon, era, na verdade, feita de tecido de algodão revestido de parafina, um material altamente inflamável.

**Figura 01** – Gran Circo após o incêndio



Fonte - <http://acervo.oglobo.globo.com>

## **2.2 Edifício Andraus, São Paulo -1972**

O incêndio no Edifício Andraus teve início após uma sobrecarga no sistema elétrico. O fogo iniciou-se no segundo pavimento e consumiu o prédio, que reunia escritórios empresariais. 16 pessoas morreram e 330 ficaram feridas. A maioria dos sobreviventes da tragédia, impossibilitados de utilizar as escadas de emergência, optaram por subir ao último pavimento do edifício, onde ficaram até que os bombeiros controlassem o fogo. Segundo o Corpo de Bombeiros o que contribuiu para a propagação do fogo foi a inexistência de divisão de alvenaria, os vãos livres, a falta de laje inteiriças, grande quantidade de tapetes, papel, celuloide e botijões de gás (Figura 02).

O incêndio suscitou pela primeira vez no Brasil a discussão sobre a segurança na construção de edifícios - algo até então negligenciado. A legislação de segurança começou a ser revista após a ocorrência, mas só ganhou força após o incêndio do Joelma.

Figura 02 – Edifício Andraus durante e após o incêndio



Fonte - <http://culturaaeronautica.blogspot.com.br>

### 2.3 Edifício Joelma, São Paulo -1974

O incêndio no edifício Joelma teve início por causa de um curto circuito em um aparelho de ar condicionado no 12º andar e se espalhou rapidamente pelos demais pavimentos. As salas do Joelma eram configuradas por divisórias, com móveis de madeira, pisos acarpetados, cortinas de tecido e forros internos de fibra sintética, condição que contribuiu sobremaneira para o alastramento incontrolável das chamas. 191 pessoas morreram e 300 ficaram feridas (Figura 03). Quinze minutos após o curto-circuito era impossível descer as escadas que, localizadas no centro dos pavimentos, não tardaram a serem bloqueadas pelo fogo e a fumaça. Os corredores, por sua vez, eram estreitos. Na ausência de uma escada de incêndio, muitas pessoas ainda conseguiram se salvar ao descer pelos elevadores, mas estes também logo deixaram de funcionar, quando as chamas provocaram a pane no sistema elétrico dos aparelhos.

**Figura 03** – Incêndio no Edifício Joelma



Fonte - <https://tvibopenews.wordpress.com/>

## 2.4 Edifício Andorinhas, Rio de Janeiro -1986

O incêndio no Edifício Andorinhas teve início com o mau contato em uma tomada que gerou uma faísca e se espalhou pelo carpete. No momento haviam mais de 1000 pessoas no prédio. 27 pessoas morreram e mais de 50 ficaram feridas. Como a construção era antiga (1934), não contava com áreas de escape e portas corta fogo. (Figura 04).

**Figura 04** – Incêndio no edifício Andorinhas

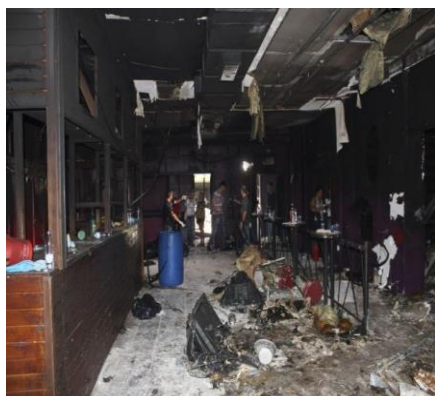


Fonte - <http://memoriaglobo.globo.com>

## 2.5 Boate Kiss, Santa Maria- 2013

O incêndio na boate Kiss foi uma tragédia que matou 242 pessoas e feriu 680 outras. O acidente foi considerado a segunda maior tragédia no Brasil em número de vítimas em um incêndio, sendo superado apenas pela tragédia do Gran Circo de Niterói. O incêndio foi causado por uma faísca de um sinalizador disparado no palco em direção ao isolamento acústico do teto. A espuma usada em isolamento acústico na boate Kiss era comum em Santa Maria. Era uma espuma de colchão (poliuretano) usada em boates, bares, clubes e outras casas com música ao vivo (Figura 05). O incêndio iniciou um debate no Brasil sobre a segurança e o uso de efeitos pirotécnicos em ambientes fechados com grande quantidade de pessoas.

Figura 05 – Boate Kiss durante e após o incêndio



Fonte - <http://www.rafaelnemitz.com>

## 3 REQUISITOS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO DE UMA EDIFICAÇÃO

A NBR 15575/ 2013 – Edificações habitacionais — Desempenho, foca nas exigências dos usuários para o edifício habitacional e seus sistemas, quanto ao seu comportamento em uso e não na prescrição de como os sistemas são construídos.

A forma de estabelecimento do desempenho é comum e internacionalmente pensada por meio da definição de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou

premissas) e métodos de avaliação, os quais sempre permitem a mensuração clara do seu cumprimento.

Requisitos Gerais:

- a) Dificultar o princípio do incêndio;
- b) Facilitar a fuga em situação de incêndio;
- c) Dificultar a inflamação generalizada;
- d) Dificultar a propagação do incêndio;
- e) Segurança estrutural;
- f) Sistemas de extinção e sinalização.

## **4 ETAPAS QUE COMPÕEM A EXECUÇÃO DE UMA EDIFICAÇÃO**

O desenvolvimento de uma edificação passa, desde o processo de escolha do terreno e da criação do projeto arquitetônico, até as etapas de acabamento e limpeza final da obra. Para que tudo ocorra da melhor maneira possível, é fundamental planejar adequadamente e ter um conhecimento geral de todo o processo construtivo. Aqui se analisa essas etapas e a sua relação com a prevenção de incêndio na escolha dos materiais construtivos e de acabamento a serem utilizados.

As etapas de execução de uma edificação são:

- Projeto de Arquitetura
- Projetos Complementares de Engenharia
- Elaboração do Orçamento da obra
- Planejamento da Obra
- Execução
- Entrega

O Projeto de Arquitetura será objeto de detalhamento por ser a etapa que contém a definição dos materiais de acabamento e revestimento a serem usados na edificação.



## 4.1 Etapas de projeto de arquitetura

A NBR 13532/95 é a norma responsável por especificar as etapas do projeto de arquitetura. As edificações devem ser projetadas objetivando o cumprimento de expectativas traçadas na fase inicial de projeto, ou seja, no escopo do projeto. Esses objetivos são determinados de forma que o objeto construído em questão alcance níveis de qualidade e desempenho esperados.

É preciso conhecer os objetivos da segurança contra incêndio e saber como atuar na prevenção e proteção, desde o anteprojeto até a construção, operação e manutenção de um edifício. Grande parte da segurança contra incêndio pode ser resolvida na fase de projeto.

O projeto de arquitetura é dividido em diversas fases que parte desde a elaboração do programa de necessidades junto ao cliente, passando pela aprovação na administração ou prefeitura da cidade, até o projeto para execução da obra.

Podemos ordenar as etapas do projeto de arquitetura da seguinte forma:

- Definição do programa de necessidades do projeto;
- Estudo Preliminar;
- Anteprojeto;
- Projeto Legal ou de Aprovação;
- Projeto Executivo.

### 4.1.1 Definição do programa de necessidades do projeto

O início do projeto arquitetônico acontece em uma conversa entre cliente e arquiteto, onde o mesmo procura entender quais as necessidades e objetivos, orçamento disponível, entre outros detalhes para poder começar a pensar no projeto como um todo. Serão definidos os conceitos preliminares do projeto arquitetônico e calendário de execução da obra.

Nessa primeira etapa serão feitos:

- Levantamento de dados
- Programa de necessidades
- Estudo de viabilidade

#### *4.1.2 Estudo preliminar*

Nessa fase é entregue a primeira proposta para o cliente. Nela constam alguns layouts conceituais, as soluções adotadas a construção e todas as informações possíveis, como perspectivas 3D, plantas e vistas.

É realizada, ainda, a análise do terreno e das condições legais, como Plano Diretor do Município, ou restrições do condomínio, por exemplo. Esse esboço inicial deve ser aprovado pelo cliente e seguir à próxima etapa do projeto arquitetônico.

#### *4.1.3 Anteprojeto*

A partir do estudo preliminar, o arquiteto deve detalhar ao máximo os elementos, instalações e componentes do projeto arquitetônico. Nessa fase são apresentadas as plantas baixas ou maquetes e a fachada principal. Essa é a última etapa em que podem ser feitas alterações no projeto arquitetônico. Após concluída essa etapa e aprovada pelo cliente, as plantas são enviadas para as equipes responsáveis pelos projetos complementares (se houver), como projetos estrutural, elétrico, hidráulico e preventivo de incêndio. É feita, então, a compatibilização de todas as etapas da obra, tornando tudo integrado, harmônico e funcional.

#### *4.1.4 Projeto Legal ou de Aprovação*

Também chamado de projeto básico ou projeto de aprovação, é o anteprojeto mais aprofundado, que deve ser apresentado aos órgãos públicos (Prefeitura Municipal ou aos órgãos competentes, concessionárias de serviços públicos e Corpo de Bombeiros) a fim de registrar a construção ou reforma. Nessa etapa do projeto arquitetônico são finalizadas todas as plantas e especificações necessárias.



#### *4.1.5 Projeto Executivo*

Essa é a última etapa de um projeto arquitetônico e é a mais minuciosa. No projeto executivo devem constar todos os detalhes e informações técnicas do projeto arquitetônico, pois é ele que será enviado ao canteiro de obras e servirá de guia para a execução do projeto arquitetônico.

No projeto executivo deverá constar a especificação de todos os materiais de acabamentos, metais e louças, detalhes das esquadrias, pisos e paredes, planta de forro, pontos hidráulicos e elétricos, além da planilha de orçamento e cronogramas básicos para a execução de cada etapa da obra.

### **5 A INTERFERÊNCIA DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS NOS INCÊNDIOS**

O desenvolvimento e a duração de um incêndio numa edificação são influenciados pela quantidade de combustível a queimar e pelas suas características arquitetônicas. Na carga de incêndio estão incluídos os componentes de construção, tais como revestimentos de piso, forro, paredes, divisórias, etc. (denominada carga de incêndio incorporada), mas também todo o material depositado na edificação, tais como peças de mobiliário, elementos de decoração, livros, papéis, peças de vestiário e materiais de consumo (denominada carga de incêndio temporal). (Instrução Técnica nº02/2011 CMB-SP).

Por essa razão, o conhecimento do comportamento dos materiais, por parte de quem elabora o projeto de um edifício, pode impedir a ocorrência de situações indesejáveis, como o fácil surgimento e a rápida evolução do incêndio, criando situações de risco para as pessoas e o patrimônio. (Instrução técnica nº02/2011 CMB-SP).

As características do comportamento dos materiais construtivos frente ao fogo podem desempenhar papel preponderante na evolução de um eventual incêndio, dificultando ou contribuindo para que um estágio crítico seja alcançado. Tais características dizem respeito à facilidade com que os materiais sofrem ignição, à capacidade de sustentar a combustão, à rapidez com que as chamas se propagam

pelas superfícies, a quantidade e taxa de desenvolvimento de calor liberados no processo de combustão, ao desprendimento de partículas em chamas/brasa e ao desenvolvimento de fumaça e gases nocivos. A reação ao fogo está relacionada íntima e diretamente com a combustão do material e aos produtos por ela liberados. (MITIDIERI, 2000).

A maior parte das regulamentações existentes tratam da reação ao fogo dos materiais utilizados no acabamento de paredes e tetos. Isto acontece porque análises de sinistros ocorridos nos Estados Unidos demonstraram que os pisos tradicionais (madeira, vinílicos e à base de resinas) apresentam contribuição reduzida para a propagação do fogo nos primeiros momentos do incêndio, ao passo que os revestimentos e acabamentos de paredes e tetos, quando em contato com fontes de ignição, podem se envolver logo nos primeiros instantes (UBC Handbook, 1995 apud MITIDIERI; IOSHIMOTO, 1998).

Encontra-se na legislação brasileira a orientação de que os sistemas exigidos como medidas de segurança contra incêndio e pânico das edificações, instalações e locais de risco, deverão ter sua implantação e execução atendidas conforme as normas técnicas elaboradas pelo Corpo de Bombeiros Militar de cada estado e, nos casos omissos, deverão ser adotadas as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), dos órgãos oficiais ou outras reconhecidas como necessárias pelo Corpo de Bombeiros Militar do estado, como é o caso de Mato Grosso que, dentre outros sistemas, admite a Instrução Técnica nº.10 do Corpo de Bombeiros Militar de São Paulo para orientação, implantação e exigência do CMAR (controle dos materiais de acabamento e revestimento). (COUTINHO; CORREIA, 2016).

No caso de inexistência de Normas Nacionais atinentes a determinado assunto, poderão ser utilizadas Normas Internacionais, desde que autorizadas pelo Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, através do Conselho do Sistema de Engenharia Contra Incêndio e Pânico. (Decreto 21.361 -2000).

Para evitar ou retardar a propagação das chamas, pesam sobretudo as características dos materiais empregados na construção, determinadas por meio de ensaios de “reação ao fogo”, que incluem ignitibilidade, incombustibilidade, densidade ótica de fumaça e outros. (ABNT NBR 15575, 2013).

A escolha adequada dos elementos construtivos e dos materiais que serão utilizados em uma edificação é imprescindível para a superação de um sinistro. Aliada a uma boa escolha do mobiliário, e da decoração no sentido amplo, as chances de controle são potencializadas. As consequências mais diretas são a redução da carga incêndio, a minimização da velocidade de propagação das chamas e a restrição da propagação de fumaça em caso de incêndio.

Segundo Manual de Segurança contra incêndio da Anvisa, as condições aplicáveis aos materiais empregados na construção se referem, basicamente, a sua reação ao fogo, o grau de combustibilidade e a emissão de gases tóxicos durante os processos de combustão. Os fabricantes devem indicar em seus produtos tais aspectos de comportamento ante o fogo. Os certificados de ensaio, emitidos por laboratórios idôneos, devem ser exigidos antes da aquisição de qualquer componente especificado preliminarmente.

Muitos materiais podem oferecer, sem muito esforço, maiores níveis de segurança. Neste sentido, diferenciar o que é uma dificuldade ou limitação objetivada de um interesse econômico setorial resulta em mais esforço de planejamento. Em qualquer caso, a exigência de comprovação poderá ser sumamente positiva. As respostas para muitas das questões técnicas concernentes à segurança contra o fogo virão daí. Os plásticos, tecidos, esquadrias de todo tipo, vidros, cerâmicas, carpetes, blocos cerâmicos, tijolos, telhas, tintas, forros, luminárias, espelhos e todos os outros materiais de acabamento devem ser analisados por esta ótica. O incêndio deve ser apagado na prancheta, na estação de computação gráfica e principalmente na concepção de arquitetos e engenheiros.

O desenvolvimento e a duração de um incêndio são influenciados pela quantidade de combustível a queimar. Com ele, a duração decorre dividindo-se a quantidade de combustível pela taxa ou velocidade de combustão. Portanto pode-se definir um parâmetro que exprime o poder calorífico médio da massa de materiais combustíveis por unidade de área de um local, que se denomina carga de incêndio específica (ou térmico) unitário e corresponde à carga de incêndio específica.

Na carga de incêndio estão incluídos os componentes de construção, tais como revestimentos de piso, forro, paredes, divisórias etc. (denominada carga de

incêndio incorporada), mas também todo o material depositado na edificação, tais como peças de mobiliário, elementos de decoração, livros, papéis, peças de vestiário e materiais de consumo (denominada carga de incêndio temporal).

O desempenho dos materiais de construção em relação ao fogo é dividido em três classes, conforme recente harmonização de ensaios feita pela Comissão de Normalização Européia, a saber: (a) a reação ao fogo; (b) a resistência ao fogo. (MOREIRA, 2002).

## **5.1 Conceitos fundamentais**

### *5.1.1 Reação ao fogo dos materiais*

Segundo Mitidieri; Ioshimoto (1998), as características de reação ao fogo dos materiais combustíveis incorporados no interior das edificações, ou seja, sua capacidade de sofrer e sustentar a ignição, propagar chamas, desenvolver calor e produzir fumaça, é fator extremamente importante e condicionante da rapidez com que a inflamação generalizada pode ocorrer no ambiente de origem do incêndio. A reação ao fogo dos materiais interfere diretamente nos elementos: limitação do crescimento do incêndio, limitação da propagação do incêndio, desprendimento de partículas em chamas/brasa e do desenvolvimento de fumaça e gases tóxicos, evacuação segura do edifício e precaução contra a propagação do incêndio entre edifícios.

A reação ao fogo de materiais utilizados no revestimento/acabamento de paredes e tetos é tratada através da verificação do maior ou menor potencial que eles possuem para contribuir para o desenvolvimento do fogo, quando submetidos à uma situação definida de combustão. A reação ao fogo dos materiais contidos na edificação, quer seja como mobiliário (estofamentos, cortinas, objetos de decoração, etc.), ou então como agregados aos elementos construtivos (revestimentos de paredes, tetos, pisos e fachadas), na primeira fase do incêndio, é de extrema importância, ou seja, são fundamentais a forma e a magnitude com que o material libera o calor, pela propagação das chamas e pelo desenvolvimento de fumaça e

gases tóxicos, contribuindo para que o incêndio atinja fases críticas e gere pânico e mortes.

### *5.1.2 Resistência ao fogo dos materiais*

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas- SP (IPT- SP), resistência ao fogo é a capacidade que os elementos construtivos têm de suportar a ação do incêndio, impedindo por determinado período sua propagação e preservando a estabilidade estrutural da edificação.

Após a inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio e sua propagação progressiva em grandes ambientes, a imensa quantidade de calor gerada entra aos poucos nos elementos estruturais e de compartimentação da edificação, comprometendo suas propriedades mecânicas, levando à fragilização das partes afetadas que podem propiciar a propagação do incêndio ou mesmo a ruína parcial ou total da edificação.

A capacidade destrutiva de um incêndio depende de diversos fatores, entre os quais se destacam: a quantidade de materiais combustíveis envolvidos, a distribuição destes materiais na área afetada e as aberturas de ventilação natural por onde ocorrerá o ingresso do ar externo para alimentar a combustão.

Essa fase inicial tem origem, na maioria das vezes, na ignição de materiais contidos no interior do edifício, ou seja, na interação dos materiais combustíveis, e não nos materiais incorporados ao sistema construtivo. Essa fase é muito importante, pois nela as chances de controle são maiores, se detectados no início do incêndio.

### *5.1.3 Produção de fumaça*

Durante um incêndio, além dos vapores tóxicos presentes na fumaça, encontram-se materiais particulados que têm como núcleo o carbono, e nas suas superfícies outros materiais, tais como as substâncias tóxicas.

Em uma ação de escape (desocupação ou abandono do prédio), na presença de fumaça, o tempo gasto para a tomada de decisão pode impactar seriamente o

sistema respiratório, provocando um aumento da concentração de compostos tóxicos na corrente sanguínea.

Os materiais particulados, normalmente presentes nas fumaças de incêndios, têm origem na combustão de madeiras e de outros materiais orgânicos, como plásticos. Devido à presença de substâncias químicas em suas superfícies, se constituem em um real perigo por poderem conduzir substâncias tóxicas para dentro do organismo humano, por inalação.

As substâncias químicas mais frequentes nas fumaças de incêndios, em concentrações potencialmente letais, são: o monóxido de carbono (CO), o ácido cianídrico (HCN) e o ácido clorídrico (HCl). O ácido cianídrico HCN é gerado normalmente pela combustão de materiais ricos em nitrogênio, em temperaturas não tão altas, pela queima de materiais sintéticos (fibras plásticas) ou naturais (lã e seda) (PURSER, 2002).

Segundo Manual da Anvisa, 70 % das mortes em incêndios são produzidas por intoxicação e asfixia. Somente 30 % por queimaduras, quedas e outras causas.

#### *5.1.4 Toxicidade da fumaça*

A toxicidade da fumaça depende das substâncias gasosas que a compõe. Uma das mais comuns é o Monóxido de carbono - CO que é encontrado em todos os incêndios e é resultado da combustão incompleta dos materiais combustíveis a base de carbono, como a madeira, tecidos, plásticos, líquidos inflamáveis e gases combustíveis.

O efeito tóxico deste gás é a asfixia, pois ele substitui o oxigênio no processo de oxigenação do cérebro efetuado pela hemoglobina.

Quando o oxigênio é substituído pelo monóxido de carbono, o composto formado é o carboxihemoglobina que provoca a asfixia do cérebro pela falta de oxigênio.

A anóxia produzida pelo monóxido de carbono não cessa pela respiração do ar fresco, como no caso dos asfixiantes simples. (SEITO, 2008).

### *5.1.5 Índice de propagação de chama*

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas- SP, o índice de propagação de chama é obtido no ensaio por meio do produto entre o fator propagação de chama desenvolvida na superfície do material ( $P_c$ ), medido através do tempo para atingir as distâncias padronizadas no suporte metálico com o corpo de prova, e o fator de evolução de calor desenvolvido pelo material ( $Q$ ), medido através de sensores de temperatura (termopares) localizados em uma chaminé sobre o painel e o suporte com o corpo de prova. Neste ensaio o material é enquadrado em classes que variam de A a E, de acordo com o índice de propagação obtido, sendo a classe A aquela que expressa o melhor desempenho e a classe E o pior.

### *5.1.6 Densidade Óptica de fumaça*

O método de ensaio da densidade de fumaça definido na norma ASTM E662, utiliza uma câmara de densidade óptica fechada, onde é medida a fumaça gerada por materiais sólidos. A medição é feita pela atenuação de um raio de luz em razão do acúmulo da fumaça gerada na decomposição pirolítica sem chama e na combustão com chama.

Os corpos de prova são testados na posição vertical, expostos a um fluxo radiante de calor. São realizados ensaios com aplicação de chama piloto, descritos como “com chama”, visando garantir a condição de combustão com chama e sem aplicação de chama, descritos como “sem chama”, visando garantir a condição de decomposição pirolítica. A pior média de resultados obtidas é utilizada para caracterizar o material ensaiado.

## **6 ANÁLISE DE REGULAMENTAÇÕES E NORMAS INTERNACIONAIS**

A relação entre os materiais na construção e a propagação de incêndio é aqui analisada por algumas normas e regulamentações estrangeiras, que propõem classificações para os materiais quanto à reação ao fogo, dos seguintes países: Estados Unidos, Japão, Estados Unidos e Comunidade Europeia.

## 6.1 Estados Unidos – The Uniform Building Code

O Uniform Building Code, é o código que abrange de maneira mais ampla a segurança contra incêndio nos Estados Unidos. O UBC restringe a utilização de materiais para tetos e paredes, de acordo com o tipo de ocupação (uso) da edificação. Seu propósito é o retardamento do crescimento do incêndio, controlando a propagação do fogo e o desenvolvimento de calor.

Os critérios para a classificação dos grupos de ocupação são os seguintes:

- grupo A: concentração de pessoas
- grupo B: negócios
- grupo E: educacional
- grupo F: fábricas e indústrias
- grupo H: materiais perigosos
- grupo I: institucional
- grupo M: mercantil
- grupo R: residencial
- grupo S: locais de armazenamento, garagens e oficinas mecânicas
- grupo U: garagens privativas, armazéns, edifícios agrícolas

Os materiais de acabamento interno são lambris, painéis ou qualquer outro material aplicado com finalidades estruturais ou decorativas, correção acústica, isolamento térmico, saneamento e propósitos similares. Não são considerados adornos, móveis, rodapés e corrimãos, portas e janelas, materiais com espessura inferior a 0,9 mm. As espumas plásticas só devem ser utilizadas como acabamento interno quando cumprem a função de isolamento térmico. Neste caso, além de serem sobrepostas por barreiras resistentes ao fogo, devem apresentar índice de propagação superficial de chama não superior a 75 e índice de fumaça não superior a 450.



As classes em que o material pode se enquadrar dependem do índice de propagação superficial de chama obtido nos ensaios, conforme é apresentado na tabela 3.

A densidade da fumaça não deve superar o valor de 450. Os revestimentos têxteis (carpetes) utilizados como revestimento de teto e piso devem se enquadrar na Classe I de propagação superficial de chama (tabela 01).

**Tabela 01** – Índice de propagação superficial de chama

Classe	índice de propagação superficial de chama
I	0 - 25
II	26 - 75
III	76 - 200

Fonte – UBC, v.1, 1994, p 1-152

A limitação das classes de propagação superficial de chama para os materiais utilizados no acabamento de paredes e tetos obedecem ao disposto na tabela 02.

**Tabela 02** – Classe de propagação superficial de chama em função do tipo de ocupação

Grupo	Rotas de fuga enclausuradas verticais	Outras rotas de fuga	Salas ou áreas
A	I	II	II
E	I	II	III
I	I	I	II
H	I	II	III
B,F,M e S	I	II	III
R-1	I	II	III
R-3	III	III	III
U	Sem restrições		

Fonte – UBC, v.1, 1994, p 1-152

Conforme citado em Mitidieri; Ioshimoto (1998, p. 74), algumas exceções são consideradas:

I) exceto para o grupo I e para rotas de fuga verticais enclausuradas, podem ser utilizados materiais da classe III de propagação de chama nas áreas destinadas a outras rotas de fuga. Estes materiais também são utilizados como placas de revestimentos (com altura máxima de 1219 mm acima do nível do piso) de paredes e/ou placas de fixação de painéis e/ou boletins, mas não devem ocupar mais que 5% da área total da parede;

II) se o ambiente é dotado de sistema de chuveiros automáticos, a classe de propagação superficial de chama pode ser reduzida a um nível, mas nunca devem ser utilizados materiais que apresentem valores do índice de propagação de chama maiores que os estabelecidos para a classe III.

## 6.2 Japão

As regulamentações que contém exigências de segurança contra incêndio são as seguintes:

- Introduction to 77ie Building Standard Law;
- Mie Building Standard Law of Japan (BSL);
- The Building Standard Law Enforcement Order (BSLEO);
- The Building Standard Law Enforcement Regulation (BSLER);
- Notifications of Ministry of Construction.

As restrições para a utilização de materiais de acabamento dos edifícios aplicam-se para tetos e paredes, de acordo com o tipo de uso, altura e construção, tendo como propósito a proteção contra os riscos associados ao início, ao crescimento e à propagação do incêndio. O desenvolvimento de fumaça e gases tóxicos também é verificado, de modo a garantir que os acessos às rotas de fuga sejam alcançados, permitindo a evacuação segura do local do sinistro.

O Building Standard Law Enforcement Regulation estabelece algumas terminologias, que são utilizadas em todas as regulamentações vigentes e estabelece

os procedimentos para a elaboração de relatórios para a aprovação da construção pelo Ministério da Construção. O uso de materiais de acabamento nas edificações, para tetos e paredes, é restrito e tem como objetivo a proteção contra os riscos associados ao incêndio. O desenvolvimento de fumaça e gases tóxicos também é verificado, a fim de que os ocupantes consigam alcançar as rotas de fuga com segurança. As paredes, tetos e respectivos revestimentos são classificados como materiais não-combustíveis, semicomcombustíveis e fogo-retardantes:

a) Materiais não-combustíveis (incombustíveis): quando submetidos a uma combustão não apresentam rachaduras, derretimento, deformações excessivas e não desenvolvem elevada quantidade de fumaça e gases. São, normalmente, materiais inorgânicos: argamassas, placa de amianto, cobertura para telhado, aço, alumínio, vidro, concreto, tijolo ou outros similares; que estejam em conformidade com os requisitos de incombustibilidade estabelecidos no BSLEO - Notification N.º 1828.

b) Materiais semicomcombustíveis: quando submetidos a uma combustão apresentam baixa taxa de queima e o desenvolvimento de fumaça e gases é pouco. Não apresentam derretimentos, deformações excessivas ou rachaduras. São: revestimentos metálicos (com pequena quantidade de madeira), painéis de gesso, papel, plástico, placas de cimento que contenham partes de madeira, placas de gesso acartonado ou outros materiais que possuam propriedades de reação ao fogo próximas ou semi-equivalentes às dos materiais não-combustíveis e apresentam-se em conformidade com os requisitos de combustibilidade estabelecidos no BSLEO - Notification N.º 1231.

c) Materiais fogo-retardantes: quando expostos ao processo de combustão apresentam dificuldade de queima. Podem ser protegidos com superfícies incombustíveis e são: madeira e chapas plásticas que sofreram tratamentos químicos para se adequarem à reação ao fogo, ou outros materiais, que possuam propriedades retardantes à chama. Eles devem estar em conformidade com os requisitos de combustibilidade estabelecidos no BSLEO - Notification N.º 1231.

Os ensaios mostrados na Tabela 5 são usados para a classificação dos materiais citada acima. Estes ensaios estão descritos nas Notificações nº 1231.

Designation of Quasi – Noncombustible Materials e nº 1828 . Designation of Noncombustible Materials, do Ministério da Construção (Quadro 01).

**Quadro 01** – Ensaios de classificação dos materiais com relação à incombustibilidade

Materiais	Ensaios
Materiais não combustíveis	Ensaio de queima superficial Ensaio de incombustibilidade
Materiais semicom combustíveis	Ensaio de queima superficial
	Ensaio de aquecimento
	Ensaio de toxidade
	Ensaio da caixa modelo
Materiais fogo-retardantes	Ensaio de queima superficial
	Ensaio de toxidade

Fonte – Mitidieri; Ioshimoto (1998).

### 6.3 Comunidade Europeia

Os Estados que constituem a Comunidade Européia ainda não alcançaram uma harmonia entre as diversas metodologias existentes. Em resposta às exigências do Mercado único Europeu, o Comitê Europeu de Normalização (CEN) criou um grupo técnico de estudos (CEN/TC 127: Fire Safety in Building) com a finalidade de harmonizar os ensaios de resistência e reação ao fogo.

Todos os trabalhos e esforços dispensados têm como objetivo buscar uma uniformização e padronização da regulamentação de segurança contra incêndio, para obter uma classificação dos produtos utilizados na construção civil quanto à reação ao fogo.

Uma das soluções apresentadas, conhecida como Euroclasses, contempla a identificação de métodos de ensaios europeus já existentes e em desenvolvimento. Uma vez definidos os métodos de ensaio, pode-se determinar (MITIDIERI; IOSHIMOTO, 1998):

a) o número de classes (relacionado com um ou mais tipos de uso previstos: revestimentos de estruturas de aço, paredes, fachadas, etc.);

b) a ponderação dos parâmetros fundamentais (inflamabilidade, propagação de chamas, quantidade de calor desenvolvido, etc.);

c) as regulamentações nacionais (decisão unilateral de que classe de produto pode ser utilizada, dependendo da configuração construtiva e de sua finalidade).

A Comissão da Comunidade Européia (CCE) adotou, em 1994, uma decisão relativa a classificação dos materiais em dois grandes grupos:

I . Materiais e produtos de construção com exclusão de pisos e

II . Materiais para pisos.

Os materiais são submetidos a ensaios correspondentes às normas ISO (exceto o SBI). São eles:

a) determinação da incombustibilidade;

b) determinação do poder calorífico;

c) ensaio SBI (single burning item);

d) ensaio SF (small flame)

Aspectos importantes como o desenvolvimento de fumaça, o gotejamento em chamas, a toxicidade dos gases desenvolvidos e o pré-condicionamento dos corpos-de-prova são também considerados por alguns Estados membros. O desenvolvimento de fumaça, o gotejamento em chamas e a contração do material. Em 8 de fevereiro de 2000, a Comissão de Normalização da Comunidade Européia publicou a Decisão da Comissão 2000/147/EC especificando a classificação da performance de reação ao fogo dos materiais de construção. Nesse momento, há duas tabelas de classificação, uma para pisos e outra para outros materiais de construção.

Em cada tabela há sete classes, A1, A2, B, C, D, E e F (o subscrito FL é usado para diferenciar pisos dos outros materiais), sendo A1 o maior nível de

performance correspondente aos materiais menos combustíveis. Para cada classe devem ser realizados ensaios específicos e obtidos os critérios adequados. Cada sistema de classificação é mantido por quatro métodos de ensaios acrescido da norma de classificação.

A Decisão 96/603/EC estabelece uma lista de produtos pertencentes à classe A: Os produtos podem ser considerados como classe A sem ensaio e incluem, por exemplo, concreto, aço, vidro e silicato de cálcio.

## **7 REQUISITOS NACIONAIS NA ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS**

Foram analisadas as exigências constantes em normas, legislação federal, nos Regulamentos de Segurança Contra Incêndio do Distrito Federal e dos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, relativas aos requisitos de reação ao fogo dos materiais construtivos, além das normas técnicas nacionais.

Percebe-se que as mesmas se referem somente a incombustibilidade do material e, em alguns casos, a algum tratamento que melhore suas características de reação ao fogo (MITIDIERI; IOSHIMOTO, 1998).

### **7.1 Normas vigentes no Brasil**

#### **7.1.1 ABNT NBR 15575/ 2013 – Edificações habitacionais — Desempenho**

Os projetistas, devem estabelecer a VIDA ÚTIL PROJETADA (VUP) de cada sistema que compõe esta Norma.

Cabe ao projetista o papel de especificar materiais, produtos e processos que atendam o desempenho mínimo estabelecido nesta norma com base nas normas prescritivas e no desempenho declarado pelos fabricantes dos produtos a serem empregados em projeto.

Quando as normas específicas de produtos não caracterizem desempenho, ou quando não existirem normas específicas, ou quando o fabricante não publicar o

desempenho de seu produto, é recomendável ao projetista solicitar informações ao fabricante para balizar as decisões de especificação.

Quando forem considerados valores de VUP maiores que os mínimos estabelecidos nesta norma, estes devem constar dos projetos e/ou memorial de cálculo.

Em virtude de se facilitar a fuga em situações de incêndio, devem constar em projeto as rotas de saída dos edifícios projetadas de acordo com as normas pertinentes. Para evitar inflamações generalizadas, os projetos devem especificar materiais de revestimento, acabamento e isolamento com características de propagação de chamas controladas. A fim de evitar a propagação de incêndio alguns critérios são adotados, dentre os quais: isolamento de risco à distância; isolamento de risco por proteção; assegurar estanqueidade e isolamento.

Sendo assim, os projetos devem especificar a determinação da resistência ao fogo de portas e 8 selos corta-fogo. As edificações devem, ainda, dispor de sistemas de extinção e sinalização de incêndio especificados em projeto.

### *7.1.2 Requisitos em sistemas de pisos e, vedações externas e internas*

Dificultar a ocorrência da inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio e não gerar fumaça excessiva capaz de impedir a fuga dos ocupantes em situações de incêndio.

#### **7.1.2.1 Critérios em sistemas de piso**

Avaliação da reação ao fogo da face superior (acabamento) do sistema de piso.

A face superior do sistema de piso, compostos pela camada de acabamento incluindo todas as camadas subsequentes que podem interferir no comportamento de reação ao fogo, deve classificar-se como I, II A, III A ou IV A em todas as áreas da edificação, com exceção do interior das escadas onde deve classificar -se como I ou II A, com  $D_m \leq 100$  (Tabela 03).

**Tabela 03** – Classificação da camada de acabamento incluindo todas as camadas subsequentes que podem interferir no comportamento de reação ao fogo da face superior do sistema de piso.

Classe		Método de ensaio			
		ISO 1182	NBR 8660	ISO 11925-2(exp. =15s)	ASTM E 662
I		Incombustível $\Delta T \leq 30^{\circ}\text{C}$ ; $\Delta m \leq 50\%$ ; $t_f \leq 10\text{s}$			
II	A	Combustível	Fluxo crítico $\geq 8,0 \text{ kW/m}^2$	FS $\leq 150\text{mm}$ em 20s	Dm $\leq 450$
	B	Combustível	Fluxo crítico $\geq 8,0 \text{ kW/m}^2$	FS $\leq 150\text{mm}$ em 20s	Dm $> 450$
III	A	Combustível	Fluxo crítico $\geq 4,5 \text{ kW/m}^2$	FS $\leq 150\text{mm}$ em 20s	Dm $\leq 450$
	B	Combustível	Fluxo crítico $\geq 4,5 \text{ kW/m}^2$	FS $\leq 150\text{mm}$ em 20s	Dm $> 450$
IV	A	Combustível	Fluxo crítico $\geq 3,0 \text{ kW/m}^2$	FS $\leq 150\text{mm}$ em 20s	Dm $\leq 450$
	B	Combustível	Fluxo crítico $\geq 3,0 \text{ kW/m}^2$	FS $\leq 150\text{mm}$ em 20s	Dm $> 450$
V	A	Combustível	Fluxo crítico $< 3,0 \text{ kW/m}^2$	FS $\leq 150\text{mm}$ em 20s	Dm $\leq 450$
	B	Combustível	Fluxo crítico $< 3,0 \text{ kW/m}^2$	FS $\leq 150\text{mm}$ em 20s	Dm $> 450$
VI		Combustível		FS $> 150\text{mm}$ em 20s	

FONTE: ABNT NBR 15575-3 (2013)

### 7.1.2.2 Critério em Sistemas de vedação interna e externa

Avaliação da reação ao fogo da face interna e externa dos sistemas de vedações verticais e respectivos miolos isolantes térmicos e absorventes acústicos.

As superfícies internas das paredes externas (fachadas) devem classificar-se como:

- a) I, II A ou III A, quando estiverem associadas a espaços de cozinha;
- b) I, II A, III A ou IV A, quando estiverem associadas a outros locais internos da habitação, exceto cozinhas;
- c) I ou II A, quando estiverem associadas a locais de uso comum da edificação,
- d) I ou II A, quando estiverem associadas ao interior das escadas, porém com Dm inferior a 100.

Os materiais empregados no meio das paredes (miolo), sejam externas ou internas, devem classificar-se como I, II A ou III A.



As superfícies externas das paredes externas (fachadas) devem classificar-se como I ou II B, dependendo do método escolhido de acordo com a tabela 04.

**Tabela 04** – Classificação dos materiais tendo como base o método ABNT NBR 9442

Classe		Método de ensaio		
		ISO 1182	NBR 9442	ASTM E 662
I		Incombustível $\Delta T \leq 30^{\circ}\text{C};$ $\Delta m \leq 50\%;$ $t_f \leq 10\text{s}$		
II	A	Combustível	$l_p \leq 25$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$l_p \leq 25$	$D_m > 450$
III	A	Combustível	$25 < l_p \leq 75$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$25 < l_p \leq 75$	$D_m > 450$
IV	A	Combustível	$75 < l_p \leq 150$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$75 < l_p \leq 150$	$D_m > 450$
V	A	Combustível	$150 < l_p \leq 400$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$150 < l_p \leq 400$	$D_m > 450$
VI		Combustível	$l_p > 400$	

FONTE: ABNT NBR 15575-4 (2013)

O método de ensaio de reação ao fogo utilizado como base da avaliação dos materiais empregados nas vedações verticais é o ABNT NBR 9442 “Materiais de construção – Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante – Método de ensaio”, conforme classificação dos materiais. Entretanto para as situações mencionadas a seguir este método não é apropriado:

- Quando ocorre derretimento ou o material sofre retração abrupta afastando-se da chama-piloto;
- Quando o material é composto por miolo combustível protegido por barreira incombustível ou que pode se desagregar;
- Materiais compostos por diversas camadas de materiais combustíveis apresentando espessura total superior a 25mm;

- Materiais que na instalação conformam juntas através das quais, especialmente, o fogo pode propagar ou penetrar;

Nestes casos listados acima, a classificação dos materiais deve ser feita de acordo o método de avaliação dos materiais empregados nas vedações verticais, o EN 13823 – Reaction to fire tests for building products – Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item (SBI).

### *7.1.3 NBR 9442/1988 - Materiais de construção - Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante - Método de ensaio.*

A NBR 9442/1988 prescreve um método para determinar o índice de propagação superficial de chama em materiais de construção, que é prático, apresenta fácil repetibilidade e reprodutibilidade, e é de fácil execução. Por estas razões, é considerado um método de ensaio completo.

De acordo essa norma, o índice obtido por este ensaio é aplicável para medir e descrever a propagação superficial de chama nos materiais e não deve ser utilizado para fixar o grau de segurança contra incêndio; entretanto, os valores obtidos permitem verificar comparativamente qual o material mais conveniente para a segurança contra incêndio, por ocasião do levantamento dos fatores que fixam este grau de segurança para projeto particular face a incêndio real.

A determinação do índice de propagação superficial de chama envolve o produto de dois fatores: fator de evolução do calor (Q) e o fator de propagação de chama (Pc). O fator de evolução do calor é a relação entre a variação da temperatura no ensaio, devida à queima do material, e a razão de desenvolvimento do calor. O fator de propagação de chama é a velocidade com que a chama percorre a superfície do material nas condições de ensaio.

Materiais de acabamento interno de edificações, excluindo os de revestimento do piso, ensaiados conforme esta Norma, devem ser agrupados nas seguintes classes, de acordo com o índice de propagação superficial de chama:

Classe A - Índice de propagação superficial de chama: 0 - 25

Classe B - Índice de propagação superficial de chama: 26 - 75

Classe C - Índice de propagação superficial de chama: 76 - 150

Classe D - Índice de propagação superficial de chama: 151 - 400

Classe E - Índice de propagação superficial de chama: acima de 400

#### *7.1.4 NR 23 – Proteção contra incêndios*

A norma NR 23, que fala sobre a proteção contra incêndios nos ambientes de trabalho, não cita em nenhum de seus parágrafos, exigências ou restrições nos materiais construtivos ou de acabamento utilizados, nem a reação desses materiais ao fogo.

### **7.2 Regulamentação Federal, Estadual, Municipal e Distrital**

#### *7.2.1 Lei Federal Nº 13.425, De 30 de Março de 2017 - Prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público*

Esta lei estabelece diretrizes gerais e ações complementares sobre prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público.

A Lei só faz uma exigência quanto à reação ao fogo dos materiais de construção e acabamento, que é a prioridade para uso de materiais de construção com baixa inflamabilidade e de sistemas preventivos de aspersão automática de combate a incêndio (Art 4,III).

Contudo não detalha como esses materiais devem ser utilizados e nem a forma de controle desses materiais.

### 7.2.2 Distrito Federal

Do Distrito Federal, analisou-se o decreto nº 21.361, de 20 de Julho de 2000, que aprova o Regulamento de Segurança Contra Incêndio e Pânico do Distrito Federal.

O decreto estabelece os requisitos mínimos exigíveis nas edificações e fixa critérios para o estabelecimento de Normas Técnicas de Segurança Contra Incêndio e Pânico, no território do Distrito Federal, com vista à proteção das pessoas e dos bens públicos e privados.

Suas exigências quanto à reação ao fogo dos materiais de acabamento são poucas e só citam:

Art. 9º - As proteções Contra Incêndio e Pânico são classificadas em dois grupos da maneira a seguir discriminada:

#### I – PASSIVAS

b) Meios de controle do crescimento e da propagação do incêndio e pânico:

- Controle de quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos;
- Controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos.
- Compartimento horizontal e vertical;
- Resistência ao fogo de elementos decorativos e de acabamentos;
- Isolamentos;
- Afastamentos;
- Aceiros;
- Limitação do uso de materiais que emitam produtos nocivos sob a ação do calor ou fogo;
- Controle da fumaça e dos produtos da combustão.

### 7.2.3 Estado do Rio de Janeiro

As exigências nas regulamentações do Estado do Rio de Janeiro são escassas quanto à reação ao fogo dos materiais de acabamento. São elas:

#### 7.2.3.1 Código de Segurança contra Incêndio e Pânico – COSCIP

O Código tem por finalidade estabelecer normas de Segurança Contra Incêndio e Pânico, no Estado do Rio de Janeiro, levando em consideração a proteção das pessoas e dos seus bens.

Suas exigências quanto à reação ao fogo dos materiais de acabamento são:

Art. 56 – Todo edifício-garagem, com qualquer número de pavimentos, será construído com material incombustível, inclusive revestimento, esquadrias, portas e janelas.

Art. 92 – Os teatros, cinemas, auditórios, boates e salões diversos terão os seguintes dispositivos contra incêndio e pânico:

- a) Todas as peças de decoração (tapetes, cortinas e outras), assim como cenários e outras montagens transitórias, deverão ser incombustíveis ou tratadas com produtos retardantes à ação do fogo;

Art. 95 – Os circos terão os seguintes Sistemas de Prevenção Contra Incêndio e Pânico:

- e) quando a cobertura for de lona, será tratada, obrigatoriamente, com substância retardante ao fogo;

- f) os circos serão construídos de material tratado com substância retardante ao fogo. Os mastros, tirantes e cabos de sustentação serão metálicos;

### 7.2.3.2 Resolução Nº 142, de 15 de Março de 1994

Art. 75 - Os dutos e equipamentos deverão ser isolados termicamente com materiais considerados incombustíveis ou com velocidade nula de propagação das chamas.

- Subestações de energia elétrica

Art. 81 - No projeto de edificação considerada como um todo, a estrutura básica do piso, teto e paredes deve atender às especificações mínimas para proteção contra incêndio.

Art. 85 - As salas de controle e comando deverão atender às seguintes exigências:

I - Os pisos serão revestidos com material cerâmico ou material incombustível e resistente a ácidos;

II - As paredes serão pintadas com tinta à base de água ou revestidas com material incombustível;

III - Todo complemento decorativo deverá ser tratado com produtos retardantes ao fogo;

IV - Os tetos serão pintados com tinta à base de água ou revestidos com material incombustível. O forro falso para instalações de ar condicionado será com o emprego de gesso ou fibra de vidro, sem resina aglutinante inflamável;

### 7.2.4 Estado de São Paulo

O Estado de São Paulo possui várias regulamentações que contêm exigências de segurança contra incêndio. Entre elas estão:

#### 7.2.4.1 Instrução Técnica nº. 10 (IT-10), Controle de Materiais de Acabamento e Revestimento do Corpo de Bombeiros

O controle dos materiais de acabamento e revestimento (CMAR) empregados nas edificações, se destina a estabelecer padrões para o não surgimento de condições propícias do crescimento e propagação de incêndios, bem como da geração de fumaça.

O CMAR não será exigido nas edificações com área menor ou igual a 750 m<sup>2</sup> e altura menor ou igual a 12 m.

Quando da apresentação do Projeto Técnico, devem ser indicadas em planta baixa e respectivos cortes, correspondentes a cada ambiente, ou em notas específicas, as classes dos materiais de piso, parede, teto e forro.

A responsabilidade do controle de materiais de acabamento e de revestimento nas áreas comuns e locais de reunião de público deve ser do responsável técnico, sendo a manutenção destes materiais de responsabilidade do proprietário ou responsável pelo uso da edificação.

Na solicitação da vistoria técnica deve ser apresentada a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) do Emprego de Materiais de Acabamento e de Revestimento.

Quando o material empregado for incombustível (classe I), não haverá necessidade de apresentar Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) do Emprego de Materiais de Acabamento e de Revestimento.

O método de ensaio de reação ao fogo utilizado como base da classificação dos materiais é a NBR 9442/86

#### 7.2.4.2 Decreto Estadual nº56.819/11 – Regulamento de segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco do Estado de São Paulo

O Decreto nº 56819/11 do Estado de São Paulo, cita como medida de segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco, o controle de materiais de

acabamento (Art. 24, V.) A classificação dos edifícios é feita em função do tipo de uso e natureza da ocupação. O controle dos materiais é exigido conforme a ocupação e o uso, e as exigências quanto à utilização dos materiais de acordo com o tipo de uso e natureza da ocupação são requeridas conforme a área e a altura da edificação.

#### 7.2.4.2 Lei nº.11.228/92, Código de obras e edificações do Município de São Paulo

A Lei nº 11.288/92 do Município de São Paulo entende que os componentes básicos da edificação, que compreendem fundações, estruturas, paredes e cobertura, deverão apresentar resistência ao fogo, isolamento térmico, isolamento e condicionamento acústicos, estabilidade e impermeabilidade adequados à função e porte do edifício, de acordo com as N.T.O. (Normas Técnicas Oficiais, registradas na Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT), especificados e dimensionados por Profissional habilitado.

#### 7.2.5 *Estado de Minas Gerais*

##### 7.2.5.1 Decreto nº 2912, de 3 de agosto de 1976

Este Decreto regulamenta a lei nº 2.060 de 27/4/1972, que estabelece normas de prevenção e combate a incêndios em edificações destinadas ao uso coletivo, no município de Belo Horizonte. Ele se refere aos elementos de construção no Art.3:

Art.3- Serão construídos de material incombustível:

- a) Escadas e rampas, inclusive corrimão
- b) Tetos de garagem
- c) Paredes divisórias
- d) Jiraus
- e) Edificações localizadas a menos de 150m (cento e cinquenta metros) de pontes e viadutos



- f) Depósitos e armazéns de estocagem de materiais
- g) Passarelas e pontes de ligação

#### 7.2.5.2 Decreto nº 44746 de 29 de fevereiro de 2008

Este Decreto contém o regulamento de segurança contra incêndio e pânico nas edificações e áreas de risco no Estado de Minas Gerais. Os materiais de construção e acabamento são citados nos artigos a seguir:

Capítulo IV - Art. 5º – As exigências de medidas de segurança contra incêndio e pânico previstas neste Decreto serão disciplinadas por Instrução Técnica específica e serão aplicadas às edificações e áreas de risco existentes ou construídas a partir de sua publicação.

§ 6º – Edificações classificadas como F-5, F-6, F-10 e F-11, com população superior a 200 pessoas, deverão se adequar às exigências de “Controle de Materiais de Acabamento e de Revestimento”.

Capítulo XI - Art. 25 – As medidas de segurança contra incêndio e pânico nas edificações e áreas de risco são as constantes abaixo, podendo ser adotadas, a critério do CBMMG, outras:

VI – controle de materiais de acabamento e de revestimento;

§ 1º – Para a execução e implantação das medidas de segurança contra incêndio e pânico, as edificações e áreas de risco devem atender às exigências previstas nas Instruções Técnicas e, na sua falta, às normas técnicas da ABNT.

§ 2º – Na ausência de norma nacional, poderão ser adotadas literaturas internacionais consagradas.

#### 7.2.6 Estado do Rio Grande do Sul

Muitas revisões em Leis e Decretos existentes, são realizadas apenas após grandes tragédias, as quais enfatizam a necessidade de melhores estudos para esclarecer os profissionais e ter maior rigor no cumprimento das exigências. O

exemplo mais recente é a tragédia na Boate Kiss, em Santa Maria/RS, em janeiro de 2013.

#### 7.2.6.1 Lei Complementar nº 14.376, de 26 de dezembro de 2013 atualizada pela Lei Complementar nº 14.924, de 22 de Setembro de 2016

Estabelece normas sobre Segurança, Prevenção e Proteção contra Incêndios nas edificações e áreas de risco de incêndio no Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências.

Art. 36. As edificações e as áreas de risco de incêndio serão dotadas das seguintes medidas de segurança, que serão fiscalizadas pelo CBMRS:

III - controle de materiais de acabamento;

#### 7.2.6.2 Decreto nº 51.803, de 10 de Setembro de 2014

Este Decreto regulamenta os requisitos e os procedimentos técnicos indispensáveis à prevenção e proteção contra incêndio das edificações e áreas de risco de incêndio nos Municípios do Estado do Rio Grande do Sul, considerando a proteção à vida e ao patrimônio, observada a Lei Complementar nº 14.376, de 26 de dezembro de 2013 e alterações.

Pela primeira vez após o incêndio da Boate Kiss passou a ser exigido o controle de materiais de acabamento e de revestimento nas edificações e em algumas situações exigindo o controle de fumaça, quando a lotação do lugar exceder 200 pessoas.

Art. 30. Para as edificações e áreas de risco de incêndio que exigirem controle de material de acabamento, conforme “Anexo B” (Exigências) deste Decreto, deverá ser anexado ao PPCI laudo de resistência ao fogo para os elementos de compartimentação e/ou com características estruturais, e de reação ao fogo dos materiais de acabamento, de revestimento, de divisórias e de coberturas temporárias e/ou flexíveis.

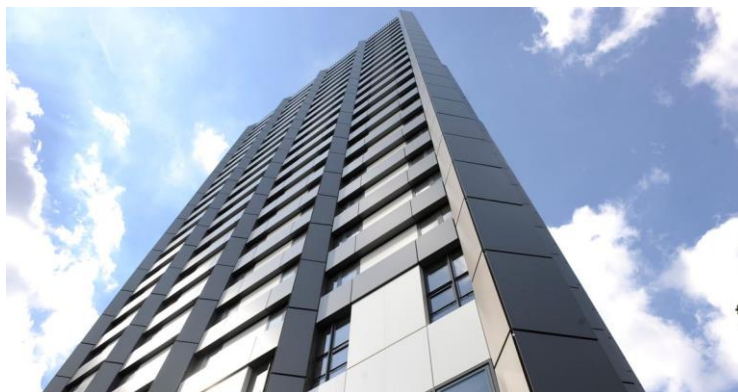
O anexo B dividiu as exigências no controle de material de acabamento em tabelas. Foi feita a classificação das edificações e áreas quanto à ocupação (foram divididos em grupos) e o controle dos materiais é feito em cada grupo em função da sua área (áreas inferiores ou superiores a 750m<sup>2</sup>, ou altura inferior ou superior a 12,00m).

## **8 ANÁLISE DO INCÊNDIO DA GRENFELL TOWER, LONDRES-2017**

Um incêndio destruiu um prédio residencial chamado Grenfell Tower de 24 andares em Londres, na quarta-feira, 14/06/2017. No prédio, de 120 apartamentos, localizado no bairro de North Kensington, a oeste da capital, moravam cerca de 600 pessoas. Foram confirmadas 79 mortes neste incêndio, segundo reportagem da Gazeta Online do dia 23/06/2017.

O prédio Grenfell Tower construído em 1974 e passou recentemente por uma reforma a um custo de 8,6 milhões de libras. Os trabalhos foram concluídos em maio de 2016. Janelas com isolamento reforçado e sistemas de aquecimento foram instalados, novos apartamentos foram construídos em espaços vazios, e a fachada ganhou novo revestimento (Figura 06).

**Figura o6** – Edifício Grenfell Tower após a reforma



Fonte - <http://www.getwestlondon.co.uk>

Testemunhas descreveram a queda de um material branco, que despencava como neve enquanto o prédio queimava (Figura 07).

**Figura 07** – Queda do revestimento



Fonte - <https://www.theguardian.com>

Ao que tudo indica, o maior incêndio britânico em séculos começou a partir de um refrigerador, no 4º andar. Mas o que agravou o incêndio foi o revestimento da fachada chamado Reynobond, que está na categoria dos painéis de alumínio composto (conhecidos como ACM - Aluminum Composite Material). As folhas de alumínio continham enchimento em polietileno que é um material altamente combustível (Figura08).

A empresa que forneceu o material de revestimento do edifício admitiu que se tratava de uma opção mais econômica. O material chamado Reynobond PE, é 2 libras (2,3 euros) mais barato por metro quadrado que o Reynobond FR, que possui um núcleo mineral retardador de fogo que garante maior resistência ao fogo. Um dos manuais do fabricante afirma que o Reynobond PE só deveria ser usado em edifícios até 10m de altura e, que se usado em edifícios mais altos, deveria ser reforçado com produtos resistentes ao fogo (o Grenfell Tower tem 67m de altura).

Figura 08 – Esquema da propagação do fogo



Fonte - <https://www.thesun.co.uk>

O fogo foi escalando o prédio num efeito chaminé pelo espaço de ar de 50mm entre os painéis e a fachada do prédio (Figura 09). O calor de mais de 700 graus não foi o único problema. O revestimento escondia um assassino: o cianeto de hidrogênio. A fumaça continha esse gás altamente tóxico, usado até em câmaras na execução de condenados à morte.

**Figura 09** – Efeito chaminé e rápida propagação do fogo



Fonte - [www.bbc.com](http://www.bbc.com)

As chapas de ACM (Aluminium Composite Material) também chamadas de Alumínio Composto, são conhecidas principalmente por suas características de planicidade, leveza e rigidez, o que contribui para estimular a criatividade projetual e oferecer soluções inovadoras para o mercado de arquitetura no Brasil. Elas têm sido muito usadas em revestimentos de fachadas ventiladas (Figura 10).

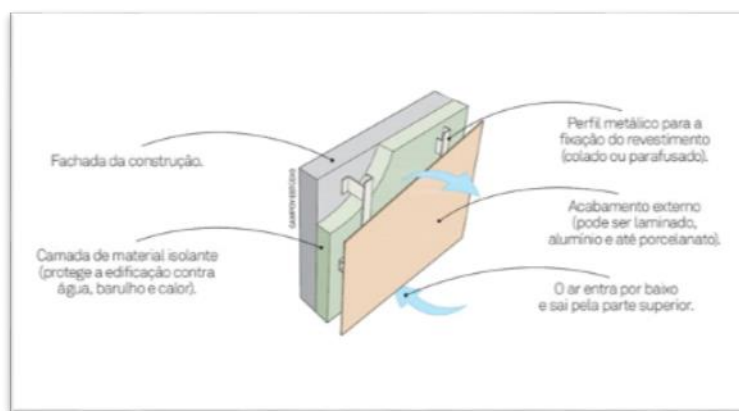
**Figura 10** – Edifício antes e depois do retrofit



Fonte - <https://www.thesun.co.uk>

As fachadas ventiladas são utilizadas tanto pelos efeitos estéticos quanto pelo desempenho térmico prometidos. Pode também, como uma "capa" protetora, preservar a estrutura e prolongar a vida útil da edificação. Ao afastar o revestimento da parede, sobra espaço para uma câmara de ar, permite a ventilação natural e contínua da parede do edifício, através do efeito de chaminé (o ar entra frio pela parte inferior e sai quente pela parte superior). Entre as vantagens que a fachada ventilada oferece, destacam-se a redução na variação térmica da estrutura (o que ajuda a poupar energia com refrigeração) e o aumento da vida útil da edificação – eficientemente protegida contra intempéries (Figura 11).

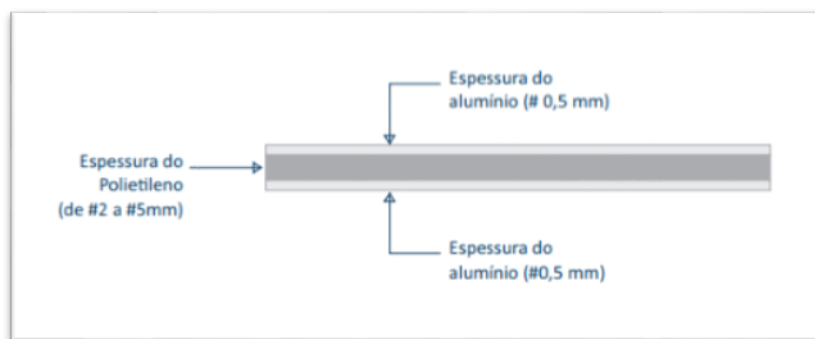
**Figura 11** – Elementos que compõem a fachada ventilada



Fonte - <https://casa.abril.com.br>

Os revestimentos em ACM devem ser planejados na fase arquitetônica e inseridos a seguir em obras novas, mas também é uma boa opção para trabalhos retrofit. No entanto, a instalação precisa ser adequada em ambos os casos, pois embora ofereça vantagens de durabilidade e modernidade visual, a má aplicação pode danificar mais rapidamente o local, além de comprometer o aspecto estético pretendido. As placas são um “sanduíche” formado por duas lâminas de alumínio com núcleo de polietileno de baixa densidade, além de apresentar um peso 40 % menor que as chapas maciças (Figura 12).

**Figura 12** – Elementos que compõem as placas de ACM



Fonte - CONSTRUCARE, Manual básico alumínio composto

## 9 CONCLUSÃO

Apesar dos trabalhos já realizados na área, muito ainda deve ser estudado, pesquisado, planejado e introduzido em nossas regulamentações para que possamos alcançar um nível aceitável de segurança contra incêndio para toda a população brasileira. (MITIDIERI; IOSHIMOTO, 1998).

Diante de cada vez mais variedades de materiais de acabamento e revestimentos empregados nas edificações, a fim de torná-los mais atraentes e aconchegantes, somadas à elevada circulação de pessoas, tem sido ainda mais importante ampliar o conhecimento dos princípios de segurança contra incêndio na formação de arquitetos e urbanistas, para que eles sejam eficazmente incorporadas ainda na fase de concepção de projeto, repercutindo, conseqüentemente, em todo processo de construção e na qualidade do produto final.

Observa-se que existe uma limitação quanto à utilização de materiais combustíveis, pois os que não apresentam desempenho satisfatório frente ao fogo devem ter seu uso impedido.

Ao elaborar um projeto de arquitetura, o profissional deve ter conhecimento da influência na escolha dos materiais construtivos na propagação do fogo em um incêndio e levar isso em conta na fase de projeto. Após fazer uma análise sobre as



etapas de um projeto, é possível perceber que a especificação desses materiais deveria ser feita no projeto que vai para aprovação da autoridade competente (prefeitura ou administração regional). Para que isto seja seguido, seria muito importante a introdução de parâmetros de controle de segurança contra incêndio dos materiais construtivos no Código de Obras e Edificações, que é o instrumento técnico e legal utilizado pela autoridade competente na análise e aprovação dos projetos arquitetônicos.

No Brasil, em particular, é uma preocupação a falta de regulamentação estabelecendo exigências mínimas quanto à reação ao fogo dos materiais e a escassez dos laboratórios capazes de realizar ensaios de determinação dos parâmetros de controle, o que, combinado à deficiência de formação de engenheiros e arquitetos nesta área, pode resultar em projetos inadequados e edificações inseguras.

A determinação de exigências mínimas dos materiais de construção quanto à reação ao fogo pode ser feita no contexto de uma estrutura de regulamentação prescritiva. Nesse caso, requisitos mínimos de controle são estabelecidos sempre tendo em vista a segurança contra incêndio das edificações

Outro fator relevante é a ausência de certificação nacional, que faz com que muitos produtos não atendam aos padrões de segurança, pela não obrigatoriedade. E essa não correspondência da indústria com relação aos materiais produzidos foi claramente percebida na dificuldade em encontrar, disponível na internet, materiais cujas especificações técnicas abordasse suas características de resistência ao fogo e apresentasse os resultados obtidos por meio de ensaios laboratoriais.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9442/1988**.  
Materiais de construção - ensaio de propagação superficial de chama - método do painel radiante.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575/2013**.  
Edificações habitacionais — Desempenho.

BERTO, A. F. **Medidas de proteção contra incêndio**: aspectos fundamentais a serem considerados no projeto arquitetônico dos edifícios. 1991. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

BRASIL. **Lei 13425/2017** de 13 de Março de 2017. Estabelece diretrizes gerais sobre medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público; altera as Leis no s 8.078, de 11 de setembro de 1990, e 10.406, de 10 de janeiro de 2002 – Código Civil; e dá outras providências.

BRASIL. **Instrução técnica nº.02/2011**. Dispõe de orientações para os profissionais da área, permitindo um entendimento amplo sobre a proteção contra incêndio descrito no Decreto Estadual nº 56.819/11 do Estado de São Paulo.

BRASIL. **Instrução técnica nº.10/2015**. Estabelecer as condições a serem atendidas pelos materiais de acabamento e de revestimento empregados nas edificações, para que, na ocorrência de incêndio, restrinjam a propagação de fogo e o desenvolvimento de fumaça, atendendo ao previsto no Decreto Estadual nº56.819/11 – Regulamento de segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco do Estado de São Paulo.

BRASIL. **Decreto estadual nº.897**, de 21 de setembro de 1976 (Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico - COSCIP) do Estado do Rio de Janeiro.

BRASIL. **Decreto estadual nº 56.819**, de 10 de março de 2011, Regulamento de segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco do Estado de São Paulo

BRASIL. **Lei nº11.228**, de 04 de junho de 1992, Dispõe sobre as regras gerais e específicas a serem obedecidas no projeto, licenciamento, execução, manutenção e utilização de obras e edificações, dentro dos limites dos imóveis; revoga a Lei no 8.266, de 20 de junho de 1975, com as alterações adotadas por leis posteriores, e dá outras providências. Código de obras e edificações do Município de São Paulo.

BRASIL. **Decreto estadual nº 2.912**, de 03 de agosto de 1976, Regulamenta a lei nº 2.060 de 27.4.72, que estabelece normas de prevenção e combate a incêndios em edificações destinadas ao uso coletivo, no município de Belo Horizonte.

BRASIL. **Decreto estadual nº 44.746**, de 29 de fevereiro de 2008, Regulamenta a Lei nº 14.130, de 19 de dezembro de 2001, que dispõe sobre a prevenção contra incêndio e pânico no Estado e dá outras providências.

BRASIL. **Lei complementar nº 14.376**, de 26 de dezembro de 2013, Estabelece normas sobre Segurança, Prevenção e Proteção contra Incêndios nas edificações e áreas de risco de incêndio no Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências.

BRASIL. **Decreto estadual nº 51.803**, de 10 de setembro de 2014, Regulamenta a Lei Complementar nº 14.376, de 26 de dezembro de 2013, e alterações, que estabelece normas sobre segurança, prevenção e proteção contra incêndio nas edificações e áreas de risco de incêndio no Estado do Rio Grande do Sul.

BRASIL. **Resolução nº 142**, de 15 de março de 1994. Baixar instruções complementares para execução do Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico (COSCIP), dando nova redação à Portaria-002/78, e às Notas Técnicas, Normas Técnicas e Ordens de Serviço emitidas após a vigência do mesmo, até o ano de 1992.

BRASIL. **Norma de procedimento técnico nº.010/2011**. Estabelece as condições a serem atendidas pelos materiais de acabamento e de revestimento empregados nas edificações, para que, na ocorrência de incêndio, restrinjam a propagação de fogo e o desenvolvimento de fumaça, atendendo ao previsto no Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico das edificações e áreas de risco do Corpo de Bombeiros Militar do Paraná.

BRASIL. **Decreto 21.361** de 20 de julho de 2000, Aprova o regulamento de Segurança contra incêndio e Pânico do Distrito Federal e dá outras providências.

GOUVEIA, A. M. C. de; ETRUSCO, P. Tempo de escape em edificações: os desafios do modelamento de incêndio no Brasil. **REM: Revista Escola de Minas**, v. 55, n. 4, p. 257-261, 2002.

COUTINHO, B. A.; CORRÊA, A. R. A Interpretação do Controle de Materiais de Acabamentos e de Revestimento no Processo de Segurança Contra Incêndio e Pânico. **E&S Engineering and Science**, v. 5, n. 2, p. 26-41, 2016.

MITIDIERI, M. **Verificação do comportamento frente ao fogo de materiais utilizados no acabamento e revestimento das edificações** – ensaios de reação ao fogo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2000.

MITIDIERI, M.; IOSHIMOTO, E. **Proposta de classificação de materiais e componentes construtivos com relação ao comportamento frente ao fogo**- reação ao fogo. 1998. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MOREIRA, P. E. R. **Reação ao fogo dos materiais e tempo de escape em edifícios de centros comerciais no Brasil**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2002.

NETO, M. A da L. **Condições de Segurança contra incêndio**, CEP, 1995.

SEITO, A. et al. **A Segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

SMITH, D. **European system of fire classification for construction products** – the reality. Fire Safety Engineering, 2001.

# INSPEÇÃO PREDIAL COMO FERRAMENTA ESTRATÉGICA PARA VERIFICAR OS NÍVEIS DE DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES

## INSPECCIÓN PREDIAL COMO HERRAMIENTA ESTRATÉGICA PARA VERIFICAR LOS NIVELES DE DESEMPEÑO DE LAS EDIFICACIONES

Maxwell de Arandas Pimentel<sup>1</sup>  
Neusa Maria Bezerra Mota

### RESUMO

É de conhecimento da comunidade técnica, que os materiais que integram as edificações se degradam com o tempo, acarretando alterações nas suas propriedades iniciais e como consequência redução significativa na sua vida útil. Este fato pode causar uma condição em que o conjunto construtivo não atenda mais aos requisitos definidos na concepção do projeto, necessitando realizar intervenções de imediato ou em situações mais graves, limitações de carregamentos ou interdição do prédio ou de algum sistema para não comprometer a segurança dos seus usuários. Após a execução da obra é indispensável a realização de atividades de manutenção preventiva para prolongar a durabilidade dos elementos, bem como o acompanhamento do comportamento de todo o conjunto construtivo, com fins de detectar as manifestações patológicas, que estão surgindo resultante das condições de uso, desgaste natural e agressividade ambiental. Nessa perspectiva a inspeção predial é uma ferramenta que se sobressai por ser um indicador importante do desempenho da edificação, oferecendo uma quantidade vasta de informações importantes e com custo acessível. Para esse artigo foi elaborada uma pesquisa bibliográfica, fundamentada em publicações de autores reconhecidos no meio acadêmico, como também foram levantadas as principais diretrizes e recomendações das normativas brasileiras em vigor, inerentes ao tema com o objetivo de elaborar

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (Uniceub/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Projeto, Execução e Manutenção de Edificações, sob orientação da Profª. Drª. Neusa Maria Bezerra Mota. Banca realizada em 12/03/2019, composta pelos professores-avaliadores Profª. Gabriela de Athayde Duboc Bahia e Prof. Dr. Gilson Ciarallo

um roteiro para servir como *checklist* para inspeção que, se mostrou adequado e de fácil aplicação para o inspetor, bem como a metodologia GUT para examinar o grau de risco das anormalidades encontradas na edificação.

**Palavras-chave:** Inspeção Predial. Manutenção Preventiva. Desempenho das Edificações.

## RESUMEN

Es de conocimiento de la comunidad técnica, que los materiales que integran las edificaciones se degradan con el tiempo, acarreando alteraciones en sus propiedades iniciales y como resultado reducción significativa en su vida útil, pudiendo llegar a una condición en que el sistema constructivo no atienda más a los requisitos definidos en la concepción del proyecto, necesitando realizar intervenciones de inmediato o en situaciones más graves, limitaciones de cargas o interdicción del edificio o de algún sistema para no comprometer la seguridad de sus usuarios. Después de la ejecución de la obra es indispensable la realización de actividades de mantenimiento preventivo para prolongar la durabilidad de los elementos, así como el acompañamiento del comportamiento de todo el conjunto constructivo, con fines de detectar las manifestaciones patológicas, que están surgiendo resultante de las condiciones de uso, el desgaste natural y la agresividad ambiental, en esa perspectiva la inspección predial es una herramienta que se destaca por ser un indicador importante del desempeño de la edificación, ofreciendo una cantidad extensa de informaciones importantes y con costo accesible. Para este artículo se elaboró una investigación bibliográfica, fundamentada en publicaciones de autores reconocidos en el medio académico, como también se plantearon las principales directrices y recomendaciones de las normativas brasileñas en vigor, inherentes al tema con el objetivo de elaborar un itinerario para servir como checklist para inspección que se mostró adecuado y de fácil aplicación para el inspetor, así como la metodología GUT para examinar el grado de riesgo de las anormalidades encontradas en la edificación.

**Palabras clave:** Inspección predial. Manutenção preventiva. Desempenho de las edificaciones.

## 1 INTRODUÇÃO

Toda edificação deve ser planejada para atender os requisitos de habilidade preconizados nas normas vigentes e exigências dos usuários por várias décadas, principalmente se olhar pelas perspectivas econômica, social e sustentável.

Os erros provenientes das etapas construtivas e de uma gestão de manutenção inadequada, são as principais vertentes quando são examinados os acidentes prediais, ocasionando inúmeras mortes e prejuízos injustificáveis.

Desabamentos, incêndios, infiltrações, vazamentos, queda de elementos da fachada, são alguns dos estragos que poderiam ser evitados, se acaso os cuidados com o imóvel não fossem negligenciados, por meio de providências preventivas descomplicadas, objetivando assegurar o funcionamento oportuno do edifício e a segurança e o conforto dos seus utentes (IBAPE/SP, 2005).

O IBAPE/SP (2005) destaca que é inviável abandonar ou deixar arruinar alguma estrutura por descuido de preservação, em especial se considerar que as destruições não impactam somente o proprietário, mas a comunidade de modo geral. Logo irá progredir a deterioração urbana, dentre as principais consequências poderá ficar evidente a evolução da criminalidade no entorno, bem como uma redução de visitas de turistas e até mesmo uma queda na autoestima da população.

A deficiente cultura técnica e baixa inserção de atividades de manutenção nas edificações e obras de construção civil no Brasil, até agora é uma realidade que assusta com o aumento no número de registros de óbitos e deterioração do nosso patrimônio construtivo privado e público, com nocividades pessoais e materiais expressivas (GOMIDE, 2018).

Os prédios e seus respectivos sistemas construtivos são construídos com um combo de materiais devidamente diferentes, consequentemente cada elemento que constitui o imóvel terá sua atuação própria quando exposto às condições ambientais e de uso, ficando vulnerável a sofrer variações nas suas propriedades iniciais, provocando degradações ao longo da vida útil.

Nesse contexto, com o passar dos anos permanece aumentando o interesse por estudos correlatos à investigação de manifestações patológicas em edifícios, com fins de prolongar a durabilidade das parcelas constituintes dos empreendimentos.

Que vêm sofrendo deteriorações decorrentes de problemas no projeto ou na execução da obra, agressividade ambiental, deficiência de atividades de manutenção ou uso inadequado da qual a construção foi concebida, promovendo perdas de desempenho precoce, comprometendo a solidez, funcionalidade e a aparência estética do imóvel e conforto e segurança dos usuários.

Por via de regra, para qualquer imóvel é indispensável além das ações de manutenção, a realização de inspeções predial em intervalos estabelecidos de tempo, para examinar com detalhes o comportamento dos sistemas prediais em uso e operação e detectar a incidência de anomalias e falhas.

O objetivo geral que norteia esse presente trabalho é realizar uma abordagem pertinente a incorporação da inspeção predial, como ferramenta preventiva para evitar a diminuição antecipada dos níveis de desempenho, que compromete às condições de habitabilidade e integridade física e exigências dos usuários. Além disso, será explanado às principais preconizações das normas em vigor, com o objetivo de tornar esse trabalho como um guia para a execução de novas inspeções prediais, tal como a aplicação da metodologia de Gravidade, Urgência e Tendência - GUT, para a classificação e ordenamento dos riscos inerentes as anomalias e falhas detectadas na inspeção.

Para galgar esses objetivos, esse artigo foi fundamentado em publicações de autores conceituados no meio acadêmico e consultas às diretrizes das principais normativas brasileiras correlatas ao tema, onde foi idealizada uma revisão bibliográfica.

O presente trabalho foi estruturado nas seguintes seções: na seção dois é apresentada uma revisão da literatura, abordando temas elencados a engenharia diagnóstica, desempenho e manutenção das edificações e inspeção predial e a seção três foi destinada para discorrer as atividades essenciais da inspeção por meio de um roteiro; na seção quatro é descrita a metodologia adotada para esse artigo; na quinta seção são apresentadas as considerações finais desse trabalho.

## **2 TERMINOLOGIA RELATIVA A ENGENHARIA DIAGNÓSTICA**

Com a eclosão de diversos problemas patológicos nas edificações e o vínculo entre a Engenharia Civil e o Direito, torna notório uma dinâmica integradora entre as duas áreas de conhecimentos, pretendendo encontrar as elucidações que assessoram os juízes nas decisões para os litígios.

Em conformidade com o art. 156 do Código de Processo Civil (2015) no qual institui que quando a comprovação de fato derivar de conhecimento técnico ou

científico, o magistrado será auxiliado por perito, através de prova pericial, que segundo o art. 464 deve ser fundamenta em exame, inspeção ou avaliação.

Também é válido discorrer a analogia de estudo entre Engenharia com a Medicina, em referência ao ramo da Patologia. Segundo Gomide, Fagundes Neto e Gullo (2009) a Engenharia Civil pode desfrutar dos saberes milenares da Medicina acerca de recuperar e precaver doenças, tendo como propósito a saúde benigna dos pacientes, da mesma forma examinar, prevenir e reparar anomalias construtivas e falhas de manutenção dos sistemas construtivos, tendo em vista a qualidade total.

Os mesmos autores ainda destacam os cotejos dos objetos de pesquisas das duas doutrinas, ou seja, o homem e a edificação. Por consequência os esqueletos são equiparados às estruturas, as musculaturas às alvenarias, a pele aos revestimentos, o sistema circulatório às instalações elétricas e hidráulicas, o aparelho respiratório ao sistema do ar-condicionado, além de outras concordâncias que corroboram em diversas circunstâncias nas duas ciências.

De modo especial nos conhecimentos inerentes à reparação e prevenção das manifestações patológicas, na Engenharia, a disciplina Patologia das Construções vem ganhando cada vez mais dedicação por parte dos profissionais, tomando como instrução os conhecimentos médicos para estudar as irregularidades construtivas, em razão da responsabilidade por construções com maior durabilidade e respeitando boas práticas de sustentabilidade.

Segundo Silva et al. (2011) é habitual efetuar intervenções de reparos para recuperar algum elemento que contém dano, e essa ação pode ser comparada ao fármaco de uma prescrição médica. Essa questão levanta uma temática convincente, uma vez que o médico não receita um remédio sem ao menos estar prudente da doença e suas origens, necessitando em muitas circunstâncias a realização de exames confirmativos.

A Engenharia Diagnóstica em Edificações pode ser compreendida como a arte de conceber atividades pró-ativas, por meio dos diagnósticos, prognósticos e prescrições técnicas, objetivando a qualidade total do edifício, através das ferramentas diagnósticas (GOMIDE; FAGUNDES NETO; GULLO, 2009).



Alguns termos comuns na Medicina passaram a ser bem utilizados na Engenharia Diagnóstica, em virtude da relação existente entre os alvos de estudo das duas disciplinas; no Quadro 1 são mostradas alguns desses vocábulos e seus respectivos conceitos correlatos a Patologia das Edificações.

**Quadro 1** – Termos utilizados na Engenharia Diagnóstica similares aos empregados na Medicina.

TERMO	DEFINIÇÃO
<b>Diagnóstico Técnico da Edificação</b>	Caracterização e indicação das anomalias construtivas e falhas de manutenção, por meio de auditorias, ensaios de laboratórios e perícias.
<b>Prognóstico Técnico da Edificação</b>	Indicação dos acontecimentos que estão para ocorrer (evolução) nas anomalias construtivas e falhas de manutenção, conforme a prescrição da consultoria.
<b>Prescrição Técnica da Edificação</b>	Indicação das ações reparadoras das anomalias construtivas e falhas de manutenção
<b>Sintomatologia Técnica da Edificação</b>	Apurações e investigações dos sintomas e condições físicas das anomalias construtivas e falhas de manutenção.
<b>Etiologia Técnica da Edificação</b>	Caracterização dos efeitos, origens, causas, mecanismos de ação, agentes e fatores de agravamento das anomalias construtivas e falhas de manutenção.
<b>Terapêutica da Edificação</b>	Estudo das atividades reparadoras das anomalias construtivas e falhas de manutenção.

Fonte: Adaptado de GOMIDE; FAGUNDES NETO; GULLO (2009).

O Instituto de Engenharia de São Paulo – IE/SP (2014) em conformidade com Gomide, Fagundes Neto e Gullo (2009) enumeram cinco ferramentas da Engenharia Diagnóstica, são elas: vistoria, inspeção, auditoria, perícia e consultoria. No Quadro 2 estão expressas as designações de cada uma delas.

Quadro 2a – Ferramentas da Engenharia Diagnóstica.

FERRAMENTA	DEFINIÇÃO
Vistoria	É a constatação técnica de determinado fato, condição ou direito relativo a um edifício.
Inspeção	É a análise técnica de determinado fato, condição ou direito relativo a um edifício, com base em informações genéricas e interpretação baseada na experiência do engenheiro diagnóstico.

Fonte: Adaptado de IE/SP (2014).

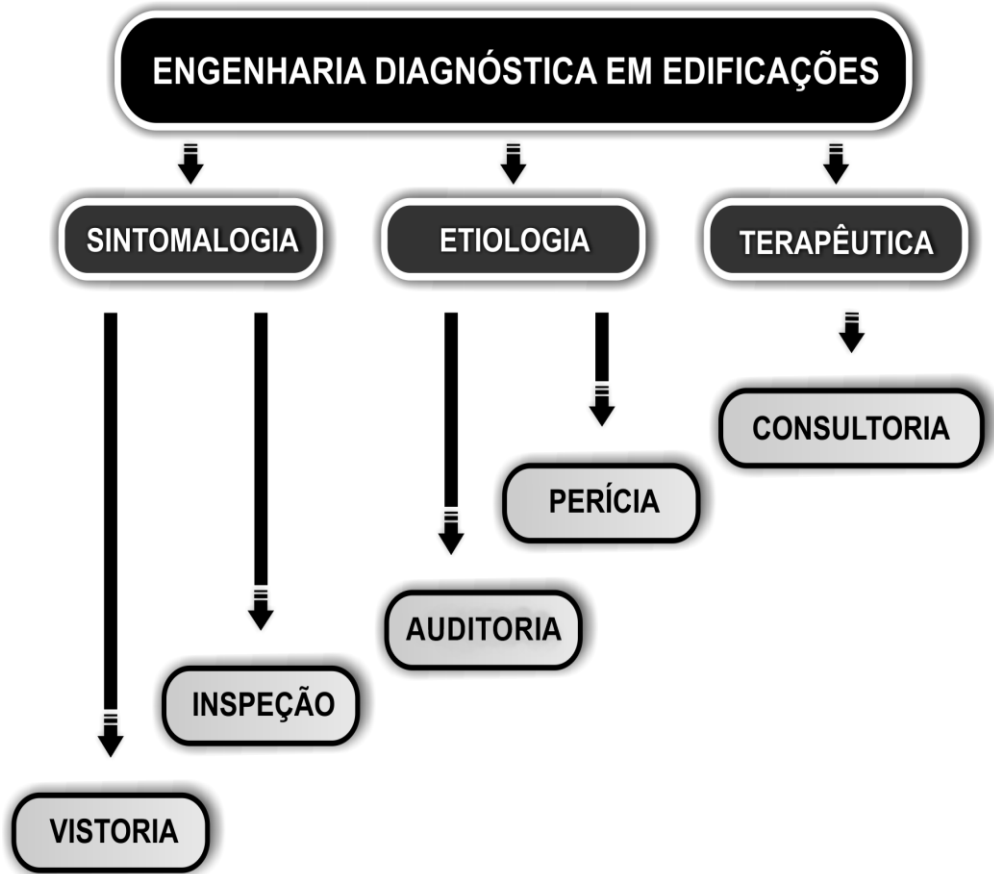
Quadro 2b – Ferramentas da Engenharia Diagnóstica (continuação).

Auditoria	É o atestamento técnico de conformidade, ou não, de um fato, condição ou direito relativo a um edifício.
Perícia	É a apuração técnica da origem, causa e mecanismo de ação de um fato, condição ou direito relativo a um edifício.
Consultoria	É o prognóstico e a prescrição técnica a respeito de um fato, condição ou direito relativo a um edifício.

Fonte: Adaptado de IE (2014).

Com posse dos significados apresentados fica mais nítido o entendimento das ferramentas da Engenharia Diagnóstica em Edificações, como pode ser visualizado na Figura 1, onde também ilustra o sistema hierárquico das técnicas, que é determinante para definir o que constitui o documento final, seja um laudo técnico ou parecer técnico, e a devida responsabilidade técnica para cada uma desses recursos.

Figura 66 - Engenharia Diagnóstica em Edificações e suas Ferramentas



Fonte: Adaptado de GOMIDE; FAGUNDES NETO; GULLO, 2009.

## 2.1 Manutenção Predial como Estratégia para Restabelecimento do Desempenho das Edificações

A manutenção de edificações, ganha progressivamente mais destaque sobre a sua importância e espaço para discussão no meio acadêmico, alterando o conceito de que as tarefas construtivas são desempenhadas exclusivamente até a entrega do imóvel ao proprietário ou responsável.

Segundo a NBR 5674 (ABNT, 2012) a manutenção predial é a combinação de intervenções que serão efetivadas, visando conservar ou readquirir a eficiência

operante da edificação e seus pormenores e conjuntamente satisfazer às solicitações e segurança dos seus usufruidores.

Após o recebimento da obra para a ocupação, é primordial examinar como a edificação está funcionando, até mesmo se as exigências feitas pelo proprietário foram correspondidas e sincronicamente deixar evidente aos utilizadores as suas responsabilidades de utilização e atividades de manutenção a ser executadas, pretendendo estender a vida útil do prédio.

É concludente conduzir a atenção para a manutenção predial, posto que acompanhamos inúmeros exemplos de construções que se encontram desabilitadas, não permitindo sua ocupação porque tiveram fortes estragos oriundos de negligências e supressão de serviços elementares de manutenção.

Para edificações, no Brasil, muitos proprietários e síndicos procrastina a gestão de manutenção predial, conceituando o gerenciamento das incumbências preventivas e corretivas, como uma monitoração improdutiva e geradora de dispêndios.

A carência de políticas e estratégias nas esferas federal, estaduais e municipais focadas para manutenção das obras públicas, especialmente a manutenção preventiva, tornam os órgãos responsáveis negligentes no que diz a respeito de atividades de conservação de obras públicas, priorizando somente a execução, como consequência provocam relevantes despesas de materiais e financeiro ao setor público, refletindo inclusive a sociedade, para custear os reparos oriundos de estragos em estágios avançados. (VITÓRIO, 2006).

Gomide (2018) afirma que toda construção, independentemente de ser algum empreendimento ou obra pública, deteriora-se ao decorrer do tempo, necessitando de precauções técnicas para resguardar seu desempenho conveniente, e isso posto pode ser designado de manutenção.

Ainda em conformidade com o mesmo autor, uma manutenção apropriada preserva o desempenho e as condições técnicas e de segurança satisfatórias das edificações, em contrapartida, a carência das práticas de manutenção, propicia a inevitável degradação antecipada e os acidentes que se sucedem. Tais alegações

podem ser constatadas com a grande quantidade de desastres abrangendo as construções e, principalmente, se avaliar seus “efeitos x causas”.

Em seus estudos, Nour (2003), evidenciou que a escolha de materiais com boa qualidade, as especificações e considerações das particularidades de todos os sistemas construtivos na concepção do edifício, é relevante para uma previsão dos fatores de degradação, prevendo as condições de exposição relacionada a agressividade ambiental e de modo especial a expectativa do desempenho que obra deverá galgar.

Além de tudo, nesta etapa poderão ser levantadas discussões relacionadas a periodicidade das atividades de manutenção, facilidade de acesso e de realização dos serviços, assim como a previsão dos custos dessas intervenções.

Considerando como exemplo o sistema estrutural, para Helene (1997), a estrutura requer o desempenho adequado tanto dos elementos estruturais, como também das parcelas constituintes da obra que estão englobadas à própria, em virtude desses componentes possuem normalmente uma vida útil menor que a do concreto.

A título de exemplos temos os revestimentos, as impermeabilizações, as juntas, as instalações, os dispositivos de apoio, os drenos, as pingadeiras, os rufos e outros, já que foram inseridos para preservar o conjunto estrutural, demandando prevenções indispensáveis quanto as tarefas de manutenções e substituições adequadas dos itens (HELENE, 1997).

## **2.2 Comparativo de Custos Pertinentes a Manutenção Corretiva e Preventiva em Edificações**

Na construção civil, quando é examinada a relação “custo x benefício” as manutenções corretivas e preventivas são as mais contratadas. No caso da preditiva é mais exercida para os sistemas de alta complexidade com o propósito de encontrar danos que exijam um alto grau de dificuldade para ser detectados.

A manutenção corretiva é desigualada das outras, porque requisita de uma intervenção imediata, logo após um acontecimento de uma pane, dispondo como meta o funcionamento apropriado dos sistemas construtivos e suas frações, por ora

mitigando grandes riscos ou danos pessoais e/ou patrimoniais aos utentes (NBR 5462, ABNT, 1994).

Quando são verificados os gastos para as ações corretivas, os valores são mais dispendiosos do que os empregados para a implantação das estratégias preventivas, em razão das aquisições dos aparelhos, mercadorias e contratações dos serviços e profissionais ser de cunho emergencial (VILLANUEVA, 2015).

Cabe as partes responsáveis pela edificação, os projetistas e os construtores, conscientizarem o proprietário, o síndico e/ou usuário sobre a importância da gestão de manutenção, no momento de entrega do manual de uso, operação e manutenção, pois quando a mesma é deixada de lado, optando apenas pela manutenção corretiva, as irregularidades começam a eclodirem em momentos impertinentes, causando paralisações parciais ou totais nos sistemas e em instantes aleatórios.

A manutenção preventiva é discernida por tarefas programadas, dando importância aos parâmetros devidos, atendendo as solicitações dos desfrutadores, pressupostos da durabilidade esperada dos elementos das edificações em uso e relatórios de conformidades periódicos em relação a seu estado de degradação, pretendendo diminuir a probabilidade de falha ou a deterioração do funcionamento de um componente (NBR 5462, ABNT, 1994).

De acordo com Castro (2007) adotando essa estratégia é essencial determinar os intervalos com datas predefinidas, utilizando como base os critérios técnicos expressos pelo fabricante ou fornecedor do produto.

Martins (2008) complementa que para os serviços preventivos oferecerem resultados mais eficazes é fundamental a obtenção de dados correlatos a edificação, históricos de manutenção e avaliações, pelo meio de rotinas periódicas e inspeção predial. É crucial registrar todas as atividades efetuadas.

Pujadas (2007) evidencia que os aspectos preponderantes da manutenção predial pertencem à conservação e recuperação dos sistemas construtivos, dessa forma, a manutenção tem que ser apreciada desde a fase dos projetos dos edifícios. Onde são determinadas as estratégias importantes para a continuação e reabilitação

do desempenho, como também as questões relacionadas à incomplexidade, confiabilidade, segurança e economia na realização dos serviços de manutenção.

De modo a desconstruir o ponto de vista que trata a manutenção como o cumprimento de reformas, ou mesmo modificações nos sistemas em razão do planejamento ou execução inapropriada do imóvel e mudança de uso dos propósitos iniciais (PUJADAS, 2007).

De Sitter (1984 apud HELENE, 1992) em suas pesquisas descreveu a lei do avanço dos custos ligados a manutenção em edificações, na qual aponta que as despesas gastas com alguma melhoria aumenta em função do tempo e em concordância com uma progressão geométrica de razão 5.

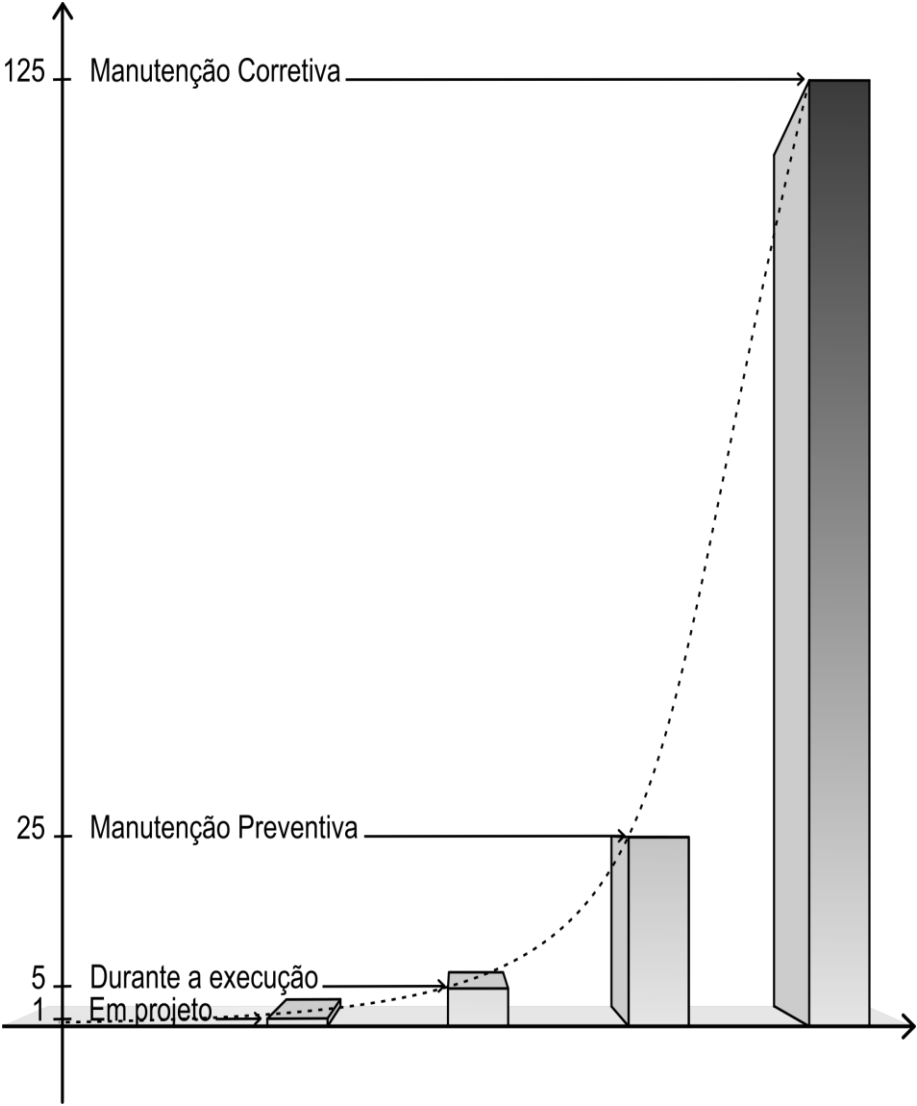
No meio acadêmico ficou conhecida como lei de Sitter, e pode ser compreendida no Quadro 3 e na Figura 2.

**Quadro 3** – Lei de Sitter

<b>Projeto</b>	Toda atitude realizada nessa fase inicial, com fins de aumentar a durabilidade e vida útil, corresponde a um custo hipotético um;
<b>Execução</b>	Qualquer providência decidida durante a execução de uma obra, resulta em um custo por volta de cinco vezes mais elevado àquele sobrevivendo de ações tomadas no decurso do projeto;
<b>Manutenção Preventiva</b>	Seja qual for a atividade de manutenção feita nesta estratégia, antecedendo e prevenido o desencadeamento das manifestações patológicas, podem custar até vinte e cinco vezes mais caro que as medidas tomadas ainda na fase de projeto;
<b>Manutenção Corretiva</b>	Para essa modalidade de manutenção, o custo das atividades para recuperação do desempenho dos componentes da edificação, podem atingir até cento e vinte e cinco vezes mais oneroso se comparado as ao valor das operações determinadas na etapa do projeto.

Fonte: Adaptado de DE SITTER (1984 apud HELENE1992).

Figura 67 - Lei de Sitter



Fonte: Adaptado de DE SITTER (1984 *apud* HELENE1992).

Examinando o gráfico fica notório a importância de um planejamento eficiente, bem como a elaboração de manuais que auxiliem a execução das manutenções.

Na condição em que as preconizações do plano de manutenção sejam empregadas de forma adequada, juntamente com a supervisão realizada por



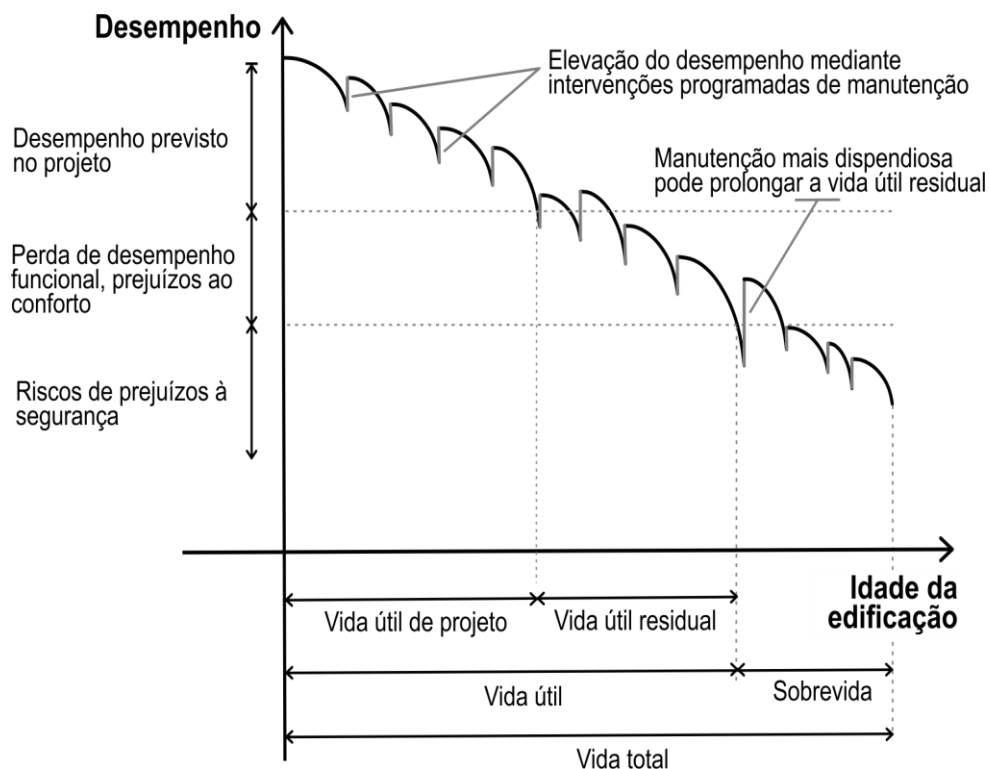
profissionais habilitados, é exequível implantar as manutenções indispensáveis para prosseguir a integridade da edificação e sua funcionalidade, evitando despesas imprevistas e dispendiosas com a manutenção corretiva.

## **2.3 Desempenho das Edificações e sua Principal Normativa**

No contexto da NBR 15575-1 (ABNT, 2013), o desempenho de uma edificação pode ser sintetizado como os requisitos mínimos de habitabilidade essenciais e previstos em normas, para que os utentes consigam usufruir o edifício sob boas condições de uso e operação assegurando segurança, solidez, salubridade e conforto.

Para Pujadas (2007) o desempenho, possivelmente, é um dos condicionantes mais determinantes que a Inspeção Predial deve contemplar. Através deste indicador é possível constatar se as atividades de manutenção estão sendo programadas e executadas conforme as regras.

Quando as ações programadas de manutenção são realizadas de maneira adequada, sejam corretivas ou preventivas, pode-se verificar um ganho no desempenho, como é ilustrado na Figura 3.

**Figura 3** - Relação do desempenho com atividades de manutenção ao longo do tempo

Fonte: Adaptado de PUJADAS (2007).

Segundo a mesma autora, empregando a Inspeção Predial como método de análise da manutenção, é preciso examinar se as intervenções feitas na edificação certifica de fato um acréscimo no desempenho.

Caso ocorra o contrário, é possível detectar quais as atividades roteirizadas no plano de manutenção não estão atendendo de maneira eficaz aos princípios de preservação, principalmente se ficar comprovada deterioração precoce.

Está em vigor em todo território nacional a Norma de Desempenho a NBR 15575 (2013) que foi elaborada aderindo as tendências globais do ramo da construção civil, com o propósito de estabelecer os parâmetros mínimos, intermediários e superiores, bem como os procedimentos de avaliação do desempenho das edificações habitacionais.

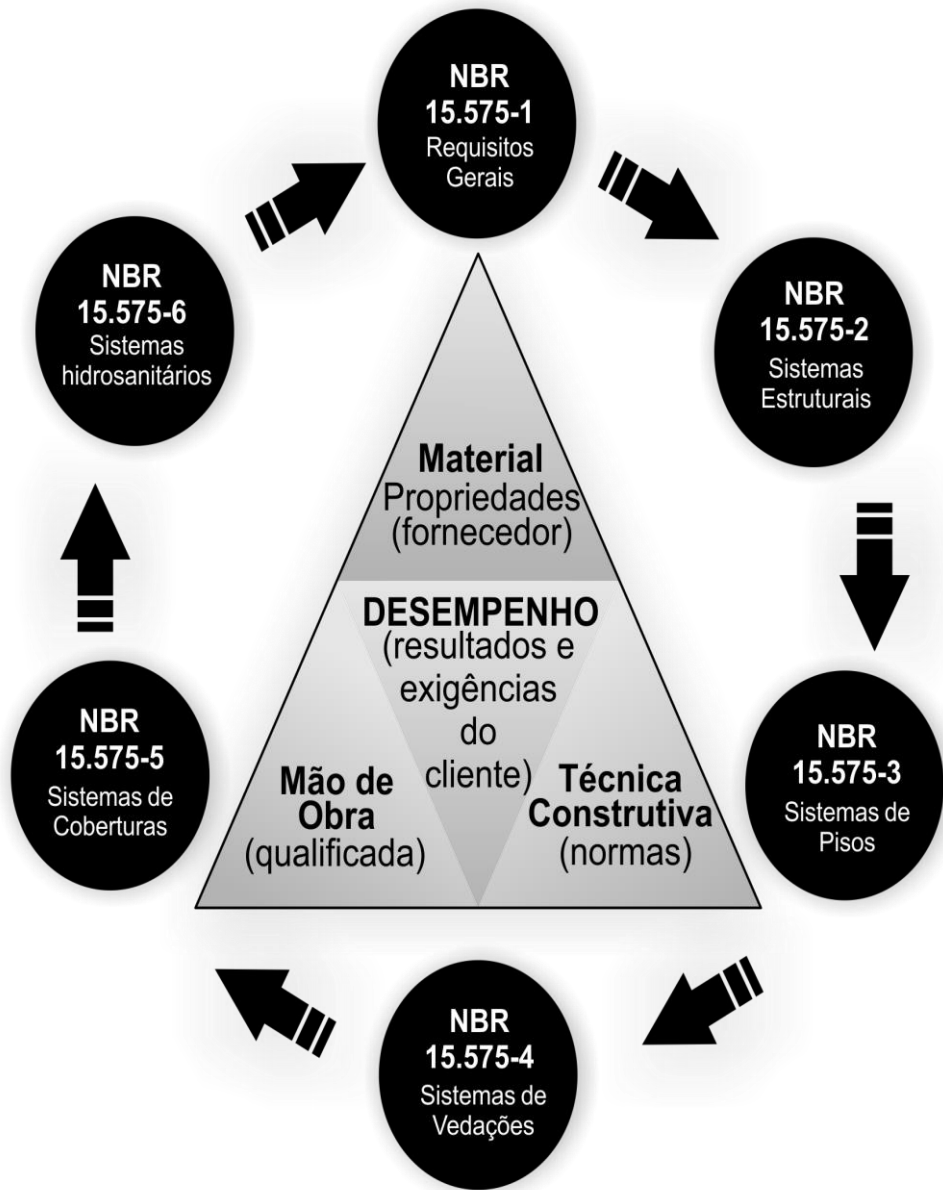
Com esse avanço os projetistas têm a incumbência de especificar nos memoriais a Vida Útil de Projeto do sistema construtivo concebido, e para isto o profissional deve utilizar às boas práticas de projeto, atender os requisitos das normas e considerar as informações repassadas pelos fabricantes.

As partes da norma foram estruturadas mediante aos componentes da construção, direcionando uma subsequência de premissas referente à segurança (desempenho mecânico, segurança contra incêndio, segurança no uso e operação), habitabilidade (estanqueidade, desempenho térmico e acústico, desempenho lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil) e sustentabilidade (durabilidade, manutenibilidade e adequação ambiental) (CBIC, 2013).

Posto isto a Norma de Desempenho foi ramificada em seis partes, sendo elas: NBR 15575-1 – requisitos gerais, NBR 15575-2 – sistemas estruturais, NBR 15575-3 – sistemas para pisos, NBR 15575-4 – sistemas de vedações verticais, NBR 15575-5 – sistemas de coberturas e NBR 15575-6 – sistemas hidrossanitários.

De acordo com Souza (2016) o desempenho de qualquer sistema predial irá depender das particularidades dos materiais empregados e suas interfaces, tanto quanto das técnicas construtivas adotadas e da aptidão da mão de obra qualificada, como pode ser observado na Figura 4, onde apresenta as divisões da norma e os principais condicionantes que influenciam no desempenho.

Figura 4 – Características e partes da norma de desempenho



Fonte: Adaptado de SOUZA (2016)

Com a disseminação da Norma de Desempenho é gerada uma expectativa mais consciente por parte dos responsáveis pela construção, em razão dos construtores e projetistas arcarem com os danos provenientes das manifestações

patológicas durante o prazo de garantia se as condições de habitabilidade não estiverem dentro das exigências de desempenho. Como também dos usuários, pois deverão ser informados sobre as suas responsabilidades e a importância das manutenções adequadas ao longo da vida útil do edifício.

### **3 INSPEÇÃO PREDIAL E SEUS EFEITOS NAS EDIFICAÇÕES**

Inspeção predial é um método eficiente que coopera com a gestão de manutenção, colaborando com a identificação de erros a respeito das tarefas de manutenção e ao mesmo tempo evidenciando as manifestações patológicas presentes no edifício e seus respectivos fatores de degradação.

Silva (2016) acrescenta que a inspeção predial é implantada para constatar a necessidade de atividades corretivas e preventivas, favorecendo a inclusão do plano de manutenção predial. Com a realização das inspeções além de classificar as anomalias e falhas, é possível ordenar as prioridades das ações reparadoras e encarregar as recomendações técnicas de acordo com as instâncias de correções, poupando tratamentos corretivos deficientes que ocasiona retrabalho ou que permita o retorno ou intensificação dos vícios. Dependendo do nível da inspeção incluem sugestões de testes e ensaios tecnológicos para a investigação dos problemas.

A inspeção predial é definida pelas principais normas brasileiras em vigência como sendo:

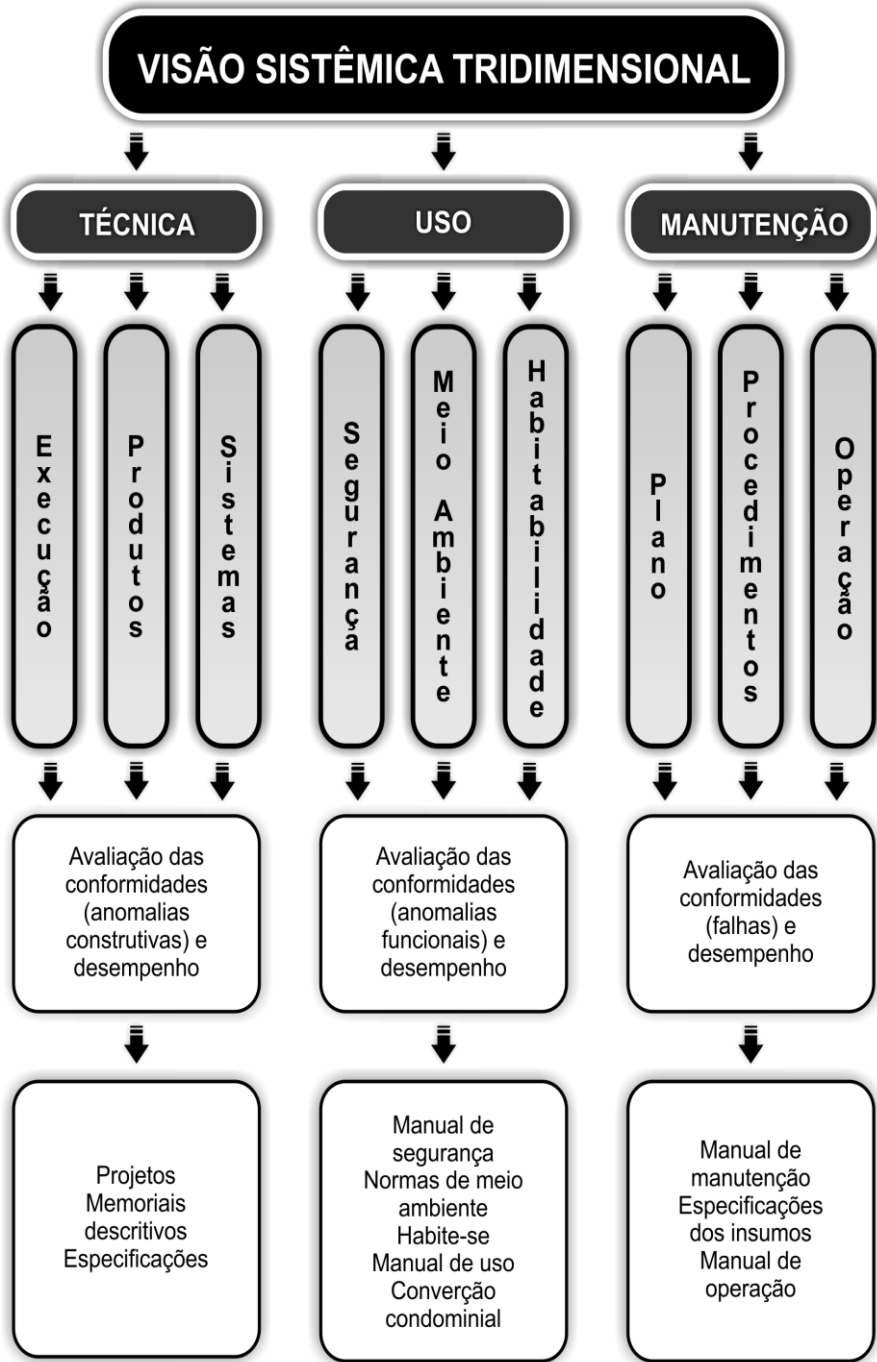
“Verificação, através de metodologia técnica, das condições de uso e de manutenção preventiva e corretiva da edificação” (NBR 15575-1, ABNT, 2013 p.5).

“É a análise isolada ou combinada das condições técnicas, de uso e de manutenção da edificação” (IBAPE, 2012, p.5).

“Avaliação do estado da edificação e de suas partes constituintes, realizada para orientar as atividades de manutenção” (NBR 5674, ABNT, 1999, p.2).

Assim, a inspeção predial é compreendida como uma ferramenta aplicada para verificar as condições de conformidade de desempenho, uso, funcionamento e desgaste natural de um edifício e o inspetor deve realizar as inspeções considerando os aspectos: técnico, funcional e de manutenção, como é mostrado na Figura 5.

Figura 5 – Representação da visão sistêmica tridimensional



Fonte: Adaptado de GOMIDE; PUJADAS; FAGUNDES NETO (2006)

Está em Projeto de Consulta Nacional a NBR 16747 (ABNT, 2018) designada “Inspeção predial — Diretrizes, conceitos, terminologia, requisitos e procedimento” que expõe a inspeção predial como um mecanismo de avaliação, em que prevalece o sensorial dos requisitos técnicos, de uso, operação, manutenção e funcionalidade da edificação e de seus pormenores construtivos, de modo sistêmico em um determinado instante de sua vida útil (na data da inspeção), levando em conta as exigências dos usuários.

Neves e Branco (2009) disserta que a observação e constatação de não conformidades têm diferentes designações técnicas, isso quer dizer, para algum dano resultante da própria construção a nomenclatura recomendada é anomalia construtiva, já para qualquer irregularidade de uso o termo sugerido é anomalia funcional e para a não conformidade oriunda de manutenção inadequada pode ser chamada de falha. Os mesmos autores defendem que independente das denominações, ambas têm que ser classificadas quanto ao seu grau de gravidade, urgência e tendência.

Já Silva (2016) acrescenta que posteriormente as visitas técnicas, os dados apurados precisam ser reunidos em um laudo técnico, juntamente com as particularidades, consumações e diretrizes alusivas.

Consoante preconiza a norma do IBAPE Nacional (2012), o laudo técnico de inspeção predial deve contemplar as subdivisões expressas no Quadro 4.

**Quadro 4** - Subdivisões do laudo técnico de inspeção predial

a	Identificação do solicitante;
b	Classificação do objeto da inspeção;
c	Localização;
d	Data da diligência;
e	Descrição técnica do objeto;
f	Tipologia e padrão construtivo;
g	Utilização e ocupação;

h	Idade da edificação;
i	Nível utilizado;
j	Documentação solicitada, documentação entregue e documentação analisada;
k	Descrição do critério e método da inspeção predial;
l	Informações gerais consideradas;
m	Lista de verificação dos elementos construtivos e equipamentos inspecionados, descrição e localização das respectivas anomalias e falhas constatadas;
n	Análise, classificação por origem e classificação por criticidade das anomalias, juntamente com a recomendação do prazo para nova inspeção predial;
o	Indicação de prioridade;
p	Avaliação da manutenção e condições de uso da edificação e dos sistemas construtivos;
q	Recomendações técnicas de segurança, degradação e qualidade da edificação;
r	Recomendações gerais e de sustentabilidade;
s	Relatório fotográfico;
t	Data do laudo;
u	Assinatura do(s) profissional (ais) responsável (eis), acompanhado do nº do CREA ou do CAU e nº do IBAPE;
v	Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) ou Registro de Responsabilidade Técnica (RRT).

Fonte: Adaptado de IBAPE Nacional (2012)

Com a finalidade de ajustar a Inspeção Predial às solicitações do mercado da construção civil e padronizar os procedimentos e itens indispensáveis no laudo de inspeção, o IBAPE/SP publicou no ano de 2001 a primeira norma técnica sobre o assunto (NEVES; BRANCO, 2009).

Visto que após o lançamento da normativa da ABNT direcionada para Manutenções de Edificações – Procedimentos a NBR 5674 (1999) observou-se uma lacuna em relação a falta de uma regulamentação para auxiliar e orientar o profissional habilitado nos exercícios técnicos de inspeção predial. Atualmente



aplicam-se as Normas de Inspeção Predial do IBAPE/SP (2011) e IBAPE Nacional (2012).

São diversos benefícios que a execução adequada e periódica de inspeção predial pode oferecer aos síndicos e proprietários das edificações, pois como o orienta as prioridades facilita à tomada de decisão para as correções dos problemas encontrados, melhorando a gestão de manutenção e tornando as atividades mais em conta e eficazes, principalmente se as anormalidades forem identificadas em estados iniciais de deterioração.

Além do que pode auxiliar na permanência da garantia da construção, direcionando os responsáveis pela conservação a seguirem as boas práticas de manutenção já propostas pela construtora nos manuais, sem contar que se constatar um bom estado de conservação poderá elevar o preço de mercado e diminuir o prêmio de seguro.

O IBAPE Nacional determina que somente os engenheiros e arquitetos, registrados no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA e Conselho de Arquitetura e Urbanismo – CAU poderão realizar inspeções prediais, de acordo com as resoluções do CONFEA E CAU–BR (IBAPE, 2012).

Porém é importante realçar que existe uma ressalva pelo motivo da inspeção predial ser multidisciplinar, ou seja, o responsável técnico pelo trabalho pode convidar profissionais com especialidades diferentes para ampará-lo, em conformidade com o nível de inspeção que foi contratado e, a comprovação precisa ser anexada no laudo por meio das Anotações de Responsabilidade Técnica - ARTs e Registros de Responsabilidade Técnica - RRTs. (IBAPE, 2012).

Para assegurar a qualidade da inspeção predial, é fundamental o inspetor seguir as preconizações da Norma de Inspeção do IBAPE Nacional (IBAPE, 2012), que estrutura uma metodologia sistemática com as etapas mostradas no Quadro 5, onde também é possível comparar com os objetivos listados no Projeto de Consulta Pública da ABNT a NBR 16747 (ABNT, 2018), onde estabelece o procedimento necessário para realizar a Inspeção Predial.

**Quadro 5** – Etapas para a execução de inspeção predial, segundo o IBAPE (2012) e NBR 16747 (ABNT, 2018).

<b>Comparativo da Estrutura Sistemática para Metodologia da Inspeção Predial</b>	
	<div>IBAPE (2012)</div> <div>NBR 16747 (2018)</div>
a	<div>Levantamento de dados e documentos;</div> <div>Levantamento de dados e documentação;</div>
b	<div>Entrevista com gestor ou síndico para averiguação de informações sobre o uso da edificação, histórico de reforma e manutenção, dentre outras intervenções ocorridas;</div> <div>Análise dos dados e documentação solicitados e disponibilizados;</div>
c	<div>Realização da inspeção na edificação, realizadas com equipe multidisciplinar ou não, dependendo do tipo de prédio e da complexidade dos sistemas construtivos;</div> <div>Anamnese para a identificação de características construtivas da edificação, como idade, histórico de manutenção, intervenções, reformas e alterações de uso ocorridas;</div>
d	<div>Classificação das deficiências constatadas na inspeção, por sistema construtivo, conforme a sua origem. Todas as deficiências são cadastradas por fotografias que devem constar no Laudo de Inspeção Predial;</div> <div>Inspeção da edificação de forma sistêmica, considerando a complexidade das instalações existentes;</div>
e	<div>Classificações dos problemas (anomalias e falhas), de acordo com grau de prioridade, considerando os fatores de conservação, as rotinas de manutenção previstas, os agentes de deterioração precoce, a depreciação, os riscos à saúde, a segurança, a funcionalidade e o comprometimento de vida útil;</div> <div>Classificação quanto às origens das anomalias e falhas constatadas nos sistemas inspecionados;</div>
f	<div>Elaboração de lista de prioridades técnicas, conforme a classificação de prioridade de cada problema constatado. Essa lista é ordenada do mais crítico ao menos crítico;</div> <div>Recomendação das ações necessárias para restaurar ou preservar o desempenho dos sistemas e elementos construtivos da edificação afetados por falhas de uso operação ou manutenção, anomalias ou manifestações patológicas constatadas e/ou não conformidade com a</div>

	documentação analisada;
g	Elaboração de recomendações ou orientações técnicas para a solução dos problemas constatados. Essas orientações podem estar relacionadas à adequação do plano de manutenção ou a reparos e reformas para a solução de anomalias;  Organização das prioridades, em patamares de urgência, tendo em conta as recomendações apresentadas pelo inspetor predial;
h	Avaliação da qualidade de manutenção, conforme estabelecido em norma.  Avaliação da manutenção, conforme a ABNT NBR 5674;
i	Avaliação do uso;
j	Classificação do estado aparente de desempenho dos sistemas, subsistemas e/ou elementos  construtivos;
k	Redação e emissão do parecer técnico de inspeção.

Fonte: Adaptado de IBAPE (2012) e NBR 16747 (ABNT, 2018).

### 3.1 Roteiro para Inspeção Predial

Nos subtópicos consecutivos irá compreender as fases e os itens listados que atendem as diretrizes da Norma de Inspeção do IBAPE Nacional (IBAPE, 2012) para a execução apropriada de uma inspeção predial.

A norma do IBAPE Nacional (IBAPE, 2012) estipulou três níveis de serviço com a finalidade de especificar as dificuldades e alcance das inspeções, da mesma forma que auxilia na composição do preço a ser cobrado pelas atividades, permitindo até comparações de orçamentos (NEVES; BRANCO, 2009).

No Quadro 6 constitui os três níveis de serviço de acordo com o item 6.1 da Norma de Inspeção do IBAPE Nacional (IBAPE, 2012) e suas respectivas definições.

**Quadro 6 – Níveis de serviço de inspeção predial.**

<b>NÍVEL 1</b>	<p>A inspeção é feita por profissional habilitado para constatar anomalias aparentes, onde a complexidade técnica do edifício, de seus sistemas e atividades de manutenção e operação é simples;</p> <p>Geralmente esse nível de inspeção é praticado em casas térreas, sobrados e edifícios sem elevador e outros, com planos de manutenção muito básicos ou inexistentes;</p>
<b>NÍVEL 2</b>	<p>Para esse nível a inspeção é exercida por profissionais habilitados em uma ou mais especialidades, logo o empreendimento possui média complexidade técnica de manutenção e de operação e, a identificação das irregularidades aparentes por vezes necessita de equipamentos e/ou aparelhos.</p> <p>Usualmente esse nível de inspeção é exercido em edifícios de múltiplos andares, galpões industriais, dentre outros, com ou sem planos de manutenção, porém com empresas terceirizadas contratadas para execução de tarefas específicas, como manutenção de bombas, portões, reservatórios de água, dentre outros;</p>
<b>NÍVEL 3</b>	<p>Quando usado esse nível de inspeção, o trabalho poderá ter como título de Auditoria Técnica, onde a inspeção predial é executada em edificações com alta complexidade técnica, de manutenção e operação de seus elementos e sistemas construtivos, de padrões construtivos superiores e com sistemas mais sofisticados.</p> <p>Habitualmente é feita em edifícios com vários pavimentos ou com sistemas construtivos com automação e que possui plano de Manutenção fundamentada na NBR 5674 (ABNT, 2012), com profissional habilitado como responsável técnico e uma gestão de manutenção bem definida, com atividades planejadas e procedimentos detalhados.</p> <p>A Inspeção Predial nesse nível é elaborada por profissionais habilitados e de mais de uma especialidade.</p>

Fonte: Adaptado de IBAPE (2012).

Difícilmente é aplicado o nível 1 nas ocorrências de inspeção predial, aliás, o nível 3 acaba sendo o mais esporádico, enquanto isso o nível 2 é o mais corriqueiro.

Consequentemente, é fundamental organizar antecipadamente à contratação de uma equipe de inspetores, constituída de pelo menos um Engenheiro Civil ou Arquiteto, mais dois especialistas, um Engenheiro Elétrico e um Engenheiro Mecânico, assim como também é ideal o conhecimento em Engenharia de Segurança. A assistência dada por esses profissionais é importante, por causa das diferentes peculiaridades dos sistemas construtivos, onde as gambiarras não seriam admissíveis. (GOMIDE; PUJADAS; FAGUNDES NETO, 2006).

Os níveis de serviço definem a classificação da inspeção predial no que tange à complexidade da inspeção e ao desenvolvimento do laudo técnico, tendo em vista o estado de conservação, as características técnicas e as questões ligadas a manutenção e operação da edificação, o número de profissionais e as especialidades requeridas, bem como o aprofundamento na apuração dos fatos e as necessidades do cliente.

### **3.2 Levantamento de Dados da Edificação**

Depois da delimitação do nível de inspeção predial de acordo com a tipologia e complexidade da edificação e de seus sistemas prediais a serem inspecionados, a Norma de Inspeção do IBAPE Nacional (IBAPE, 2012) no item 8, preconiza um *check-up* das documentações administrativas, técnicas e de manutenção e operação da edificação. A listagem completa dos documentos está disponível no Anexo A deste trabalho.

Segundo Silva (2016) a análise de documentos tem como alvo a averiguação da adequabilidade da edificação e suas frações constituintes, assim como o reconhecimento de déficits e falhas de manutenção e uso, além de propiciar a identificação de irregularidades técnicas e de legalidade.

O mesmo autor ainda enfatiza que a avaliação documental técnica mais aperfeiçoada, como por exemplo a conferência dos projetos da edificação, não faz parte da finalidade da inspeção e se por alguma eventualidade seja relevante realizar uma análise mais complexa, esta precisa ser sugerida no laudo de inspeção predial.

Neves e Branco (2009) reconhecem que nas situações que o empreendimento a ser inspecionado porventura não tenha todos os documentos que a norma de

Inspecção Predial do IBAPE Nacional (IBAPE, 2012) sugere, terão que ser expressas as observações no laudo, porém, isso não impede a execução da inspeção, uma vez que esta ferramenta diagnóstica não possui como objetivo a “legalização” da edificação.

Previamente à assinatura do contrato é desejável uma inspeção preliminar ao edifício e, logo após uma coleta de informações juntamente aos responsáveis pelo seu funcionamento (proprietários, utilizadores, síndico, funcionários, etc.) para apurar dados pertinentes a eventuais alterações efetuadas no prédio, a sua rotina predial e as atividades de manutenção e melhorias desenvolvidas, conjuntamente com as notáveis não conformidades detectadas. O levantamento desses informes relacionados à edificação vai conduzir um planejamento conveniente das tarefas a serem desempenhadas antes da inspeção *in loco* (INSTITUTO DE ENGENHARIA, 2016; GOMIDE *et al.*, 2006 *apud* SOUZA 2017).

Silva (2016) complementa que as entrevistas não devem ser restritas somente ao momento que antecede a inspeção “*in loco*”. É conveniente que sempre que necessário sejam realizadas ao longo da inspeção, por causa da possibilidade de omissão de dados ou de aparecimento de condições que não são de ciência dos interrogados.

No momento da contratação do serviço de inspeção predial deve ser aprovada uma lista de verificação detalhando as áreas que farão parte do escopo da inspeção, inclusive informando além das áreas comuns quais unidades autônomas serão inspecionadas, assim como uma caracterização dos sistemas construtivos, instalações e equipamentos que compõe a edificação (SALDANHA, 2012 *apud* SOUZA, 2017).

Além disso, para Neves e Branco (2009) a lista de verificação contribui no planejamento da inspeção, como também no controle das informações obtidas, apresentando-se como prova física da qualidade e nível de inspeção executada.

Ainda em conformidade com os mesmos autores, todo inspetor terá que estruturar o seu próprio *checklist*, conforme as suas preferências e hábitos, não havendo uma lista de verificação padrão e pré-definida e realça que o grau de complexidade do formulário precisa ser equivalente ao nível de rigor de inspeção

contratada e também adequado as peculiaridades dos sistemas construtivos, seus elementos e equipamentos que serão inspecionados.

No Anexo B deste trabalho foi organizado uma proposta de *checklist* que pode servir como base para utilizar em rotinas de inspeção, necessitando adaptá-las e replicá-las aos elementos que serão inspecionados.

Para o Instituto de Engenharia (2016) são obrigatórios os itens a seguir em qualquer inspeção predial: Explicitar as datas e os procedimentos da inspeção de campo no laudo, além disso, a inspeção tem que envolver todas as áreas comuns da edificação.

É preferível inspecionar o imóvel do cumeeiro até o extremo pavimento inferior, constatando e registrando, as verificações técnicas de não conformidades no *checklist*, as falhas de manutenção e uso, as manifestações patológicas junto com os registros fotográficos e sua respectiva enumeração, pelo motivo de que todas essas investigações importantes devem ser anexadas ao laudo (INSTITUTO DE ENGENHARIA, 2016).

Como exceção para as inspeções dos sistemas elétricos, onde segundo Neves e Branco (2009) recomenda que a inspeção deve ser iniciada desde o subsolo até o topo do prédio, a começar do ponto de entrada de energia ao edifício.

No Apêndice A deste artigo, contém um modelo de ficha de inspeção para registrar as irregularidades encontradas na inspeção de campo.

A norma do IBAPE Nacional (2012) estabelece que sejam realizadas as inspeções, no mínimo, nos seguintes sistemas construtivos e seus elementos: estrutura, impermeabilização, instalações hidráulicas e elétricas, revestimentos externos em geral, esquadrias, revestimentos internos, elevadores, climatização, exaustão mecânica, ventilação, coberturas, telhados, combate a incêndio e SPDA.

### **3.3 Classificação das Anomalias e Falhas**

A identificação e classificação das irregularidades existentes nas edificações é um dos pressupostos mais importantes da inspeção predial, com isso é possível relatar no laudo e informar ao síndico e/ou proprietário os principais fatores

responsáveis pela diminuição precoce de desempenho da edificação e, que merecem a devida atenção. Com posse dos registros das anomalias e falhas é possível criar uma lista de prioridades das atividades corretivas com maior exatidão e ao mesmo tempo avaliar a gestão de manutenção e eficiência dos planos e manuais de manutenção caso tenha.

Para Neves e Branco (2009) as anomalias relacionam-se aos vícios construtivos, normalmente derivados de erros de projeto, problemas na execução da obra, reações físico-químicas de materiais em meios agressivos, envelhecimento do edifício, dentre outros. E as falhas evidenciam os vícios da manutenção, geralmente oriundos da ausência ou deficiência da gestão que abrangem as questões ligadas ao uso, operação e manutenção da edificação.

As anomalias e falhas são classificadas em conformidade com o item 11 da Norma do IBAPE Nacional (IBAPE, 2012) quanto a sua origem, assim como é apresentado no Quadro 7.

**Quadro 7** – Classificação das Anomalias e Falha quanto a sua origem.

<b>ANOMALIA</b>	<b>Endógena</b>	Decorrente da própria edificação (projeto, materiais e execução).
	<b>Exógena</b>	Resultante de causas externas a edificação, gerado por terceiros.
	<b>Natural</b>	Proveniente de fenômenos da natureza.
	<b>Funcional</b>	Derivada da deterioração de sistemas construtivos pelo desgaste natural e término da vida útil.
<b>FALHA</b>	<b>De Planejamento</b>	Incorreções de métodos e disposições inapropriadas do plano de manutenção, sem adesão a questões técnicas, de uso, de operação, de exposição ambiental e, especialmente, de confiabilidade e disponibilidade das instalações,, além disso englobam as falhas relativas às periodicidades de execução.
	<b>De Execução</b>	Correlata à manutenção oriunda de falhas



		provocadas pela execução descabida de procedimentos e serviços do plano de manutenção, abrangendo o uso indevido dos materiais.
	<b>Operacionais</b>	Referente aos mecanismos impróprios de registros, controles, rondas e outras tarefas inerentes.
	<b>Gerenciais</b>	Consequente da falta de monitoramento de qualidade das atividades de manutenção e também do erro de supervisão dos seus custos.

Fonte: Adaptado de IBAPE (2012).

Os problemas encontrados na edificação deverão ser analisados com prudência e de imediato, pois o alastramento das manifestações patológicas ou erros na gestão de manutenção, podem afetar a segurança e saúde dos usuários, impactos ao meio ambiente e estragos intensos nos sistemas construtivos da edificação, atenuando a vida útil da edificação e gerando enormes prejuízos para solucionar a imperfeição.

### 3.4 Método de Gravidade, Urgência e Tendência – GUT

Após todos os procedimentos de análise documental, anamnese da edificação, elaboração do *checklist*, realização da inspeção *in loco* e constatação das anomalias e falhas, segundo o IBAPE Nacional (IBAPE, 2012), as irregularidades encontradas devem ser examinadas quanto ao seu grau de risco.

Consoante preconiza o IBAPE Nacional (IBAPE, 2012) no item 12, toda anomalia ou falha necessita ser classificada levando em conta o grau de risco que proporciona aos seus usufruidores, ao ecossistema e ao patrimônio. No quadro 8 é apresentada a classificação do grau de risco.

**Quadro 8 – Classificação do Grau de Risco.**

<b>CRÍTICO</b>	Risco de provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e do meio ambiente; perda excessiva de desempenho e funcionalidade causando possíveis paralisações; aumento excessivo de custo de manutenção e recuperação; comprometimento sensível de vida útil.
<b>REGULAR (ou MÉDIO)</b>	Risco de provocar a perda parcial de desempenho e funcionalidade da edificação sem prejuízo à operação direta de sistemas, e deterioração precoce.
<b>MÍNIMO</b>	Risco de causar pequenos prejuízos à estética ou atividade programável e planejada, sem incidência ou sem a probabilidade de ocorrência dos riscos críticos e regulares, além de baixo ou nenhum comprometimento do valor imobiliário.

Fonte: Adaptado de IBAPE (2012).

Para à ordem de prioridades o IBAPE Nacional (IBAPE, 2012) preconiza que a listagem das anomalias e falhas sejam estruturadas em ordem decrescente, quanto ao grau de risco e sua intensidade, organizadas mediante a metodologias técnicas adequadas.

Uma das metodologias mencionadas na normativa de inspeção e que será retratada nesse trabalho é o método de Gravidade, Urgência e Tendência – GUT.

Depois do término das atividades de campo, o inspetor poderá adotar essa ferramenta de gerenciamento de risco, que auxilia na determinação da hierarquia dos serviços predecessores e sucessores de reparos das irregularidades constatadas, levando em consideração a gravidade, a urgência e a tendência de cada uma.

O método resume-se em especificar o grau de todas as anormalidades, considerando os três aspectos e seus pesos correspondentes, logo em seguida, a ordem de prioridades das ações corretivas serão delegadas do maior para o menor valor encontrado do produto dos pesos de cada não conformidade. Os fatores de referência para avaliar a gravidade, urgência e tendência de uma dada manifestação patológica ou falha de manutenção estão indicados no Quadro 9.

**Quadro 9** – Fatores de referência que demonstram a gravidade, urgência e tendência de reparos nas anomalias

GRAVIDADE	Descrição	Grau	Peso
	Perda de vidas humanas, do meio ambiente ou da própria edificação	Total	10
	Ferimentos de pessoas, danos ao meio ambiente ou a edificação	Alta	8
	Desconfortos, deterioração do meio ambiente ou da edificação	Média	6
	Pequenos incômodos ou pequenos prejuízos financeiros	Baixa	3
		Nenhuma	1
URGÊNCIA	Descrição	Grau	Peso
	Evento em ocorrência	Total	10
	Evento prestes a ocorrer	Alta	8
	Evento prognosticado em breve	Média	6
	Evento prognosticado para adiante	Baixa	3
	Evento imprevisto	Nenhuma	1
TENDÊNCIA	Descrição	Grau	Peso
	Evolução imediata	Total	10
	Evolução em curto prazo	Alta	8
	Evolução em médio prazo	Média	6
	Evolução em longo prazo	Baixa	3
	Não vai evoluir	Nenhuma	1

Fonte: Adaptado de GOMIDE; PUJADAS; FAGUNDES NETO (2006).

### 3.5 Verificação da Manutenção e de Uso e Recomendações Gerais e de Sustentabilidade

Para examinar a situação inerente aos serviços de manutenção e condições de uso na edificação, a norma do IBAPE Nacional (IBAPE, 2012) expressa que a verificação precisa ser embasada, levando em consideração os graus de risco e as reduções antecipadas de desempenho dos sistemas, diante apurações das anomalias e, em especial das falhas detectadas. Também é importante averiguar os requisitos de conformidade de utilização.

Ainda em conformidade com a norma, o profissional precisa avaliar o plano de manutenção da edificação e suas correspondentes circunstâncias de execução, com base nos critérios especificados no Quadro 10.

**Quadro 10** – Critérios para avaliar a manutenção.

<b>Plano de Trabalho</b>
Coerência do Plano de Manutenção em relação ao especificado por fabricantes de equipamentos e sistemas inspecionados;
Coerência do Plano de Manutenção em relação ao preconizado em Normas e/ou Instruções Técnicas de Engenharia específicas;
A adequação de rotinas e frequências a idade das instalações, ao uso, exposição ambiental, dentre outros aspectos técnicos que permitam ao inspetor classificar a qualidade da manutenção executada;
<b>Condições de execução das atividades propostas no Plano de Manutenção</b>
Verificar se existem as condições mínimas necessárias de acesso aos equipamentos e sistemas, permitindo a plena realização das atividades propostas no Plano de Manutenção;
Verificar as condições de segurança para o mantenedor e usuários da edificação, durante a execução da manutenção.

Fonte: Adaptado de IBAPE Nacional (2012).

É possível identificar na inspeção predial, sobretudo se as atividades estiverem sendo feitas conforme preconizadas no plano de manutenção e manuais, a

eficácia da qualidade e gestão de manutenção do edifício, como também as necessidades de adequação dos programas e modificações relacionadas a periodicidade das ações preventivas.

Para os casos que a edificação não possui plano de manutenção é função do inspetor conferir as atividades de manutenção desenvolvidas e evidentemente protocoladas e, compará-las com as recomendações mínimas de fabricantes e fornecedores dos equipamentos e sistemas analisados (IBAPE, 2012).

A norma de inspeção ainda expõe que, quanto a qualidade de manutenção é primordial considerar os aspectos relevantes relacionados com as falhas encontradas, as não conformidades anotadas nos documentos ligados à manutenção, assim como as classificações dos graus de risco e atendimento às exigências da edificação, tendo em vista os conceitos de desempenho, vida útil, durabilidade e aos outros itens citados na NBR 5674 (ABNT, 2012).

Por fim, depois de verificar as características globais relacionadas a manutenção, o inspetor precisa reputar a manutenção da edificação e seus sistemas nas seguintes expressões: ATENDE; ATENDE PARCIALMENTE ou NÃO ATENDE.

A especificação das condições de uso, segundo a norma de inspeção, é delimitada pela verificação dos estados de utilização, de acordo com os atendimentos aos requisitos determinados em projeto e em conformidade com os níveis de desempenho previstos para a edificação e seus sistemas prediais.

Na ausência de projetos que determinam os critérios operacionais dos sistemas, o responsável pela inspeção tem que determinar as condições de uso conforme as exigências e recomendações de Normativas Técnicas ou Leis específicas que regulam os tais sistemas, porém em situações que não possui padrão de referência que impeça a avaliação, deve ser relatado no laudo (IBAPE, 2012).

A condição de uso pode ser especificada em REGULAR ou IRREGULAR, como preconiza o item 15.2 da norma do IBAPE Nacional (IBAPE, 2012) e está exposta no Quadro 11.

**Quadro 11** – Critérios para avaliar a manutenção

<b>USO REGULAR</b>	Quando a edificação é ocupada e utilizada dentro dos parâmetros previstos no projeto. O cumprimento desses requisitos, contribui para vida útil da edificação, e também para as questões técnicas de segurança e habitabilidade, ou seja, o edifício inspecionado encontra-se ocupado e utilizado de acordo com o uso previsto no projeto
<b>USO IRREGULAR</b>	Quando a edificação está sujeita aos riscos não previstos em projeto que poderão comprometer a segurança e habitabilidade, ou seja, o edifício inspecionado encontra-se ocupado e utilizado de maneira irregular, com o uso divergente do previsto no projeto.

Fonte: Adaptado de IBAPE Nacional (2012).

Em relação as recomendações gerais e de sustentabilidade, a norma do IBAPE Nacional (IBAPE, 2012) na qual reforça alguns princípios da sustentabilidade, como o uso racional de recursos naturais, preservação do meio ambiente e cuidado com o conforto e segurança dos utentes, deixa claro e orienta que os dados que englobam as questões ambientais e de responsabilidade social, no enfoque administrativo, de gestão e outros, devem ser indicados com a finalidade de beneficiar o meio ambiente e melhorar a habitabilidade da edificação, relatando no laudo providências que podem ser tomadas por meio de correções e atualizações no edifício que possam contribuir com a sustentabilidade.

#### 4 METODOLOGIA

Com o crescente número de acidentes prediais ao longo das últimas décadas, os fundamentos pertencentes a Manutenção Predial e Desempenho das Edificações vêm se propagando junto aos estudos referente a Patologia das Construções.

Com o objetivo de caracterizar as anomalias e falhas presentes nos sistemas construtivos e, a inspeção predial se apresenta como um método técnico bastante eficaz e essencial para investigar as não conformidades de habitabilidade, para que ações corretivas possam ser tomadas para assegurar a conservação e um funcionamento adequado do edifício.

Analisando pelo ponto de vista dos seus objetos, esse trabalho pode ser categorizado segundo Gil (2012) como pesquisa exploratória, tornando possível um melhor vínculo com o problema pesquisado com o propósito de torná-lo mais compreensível.

Enquanto aos procedimentos técnicos utilizados na fundamentação do escopo, essa pesquisa é classificada como bibliográfica, que em conformidade com Gil (2002) é elaborada com subsídio em materiais já produzidos, integrados especialmente de livros e artigos científicos.

Segundo Martins e Lintz (2007) a pesquisa bibliográfica tem como alvo explicar e discutir um tema ou um problema, fundamentado em conhecimentos científicos publicados em livros, revistas, artigos periódicos, dentre outros. Buscando explorar e verificar subsídios científicos pertinente a um tema.

A revisão de literatura foi concebida mediante a exploração de textos consultados em livros, revistas, sites, normas e trabalhos técnicos ligados ao tema de inspeção predial em edificações.

A estruturação da Ficha de Inspeção Predial posicionada no Apêndice A foi fundamentada de acordo com as experiências acumuladas ao longo da jornada acadêmica do autor, juntamente com trocas de informações com profissionais da área de inspeção predial, com a intenção de facilitar os registros das atividades de investigação de anormalidades em campo nos sistemas construtivos das edificações.

No anexo A foi confeccionado um *Checklist* para a verificação de Documentos Administrativos, Técnicos e de Manutenção e Operação de Edificações, onde foram considerados todos os itens discurridos na lista expressa na norma de Inspeção Predial do IBAPE Nacional (2012).

As recomendações técnicas e diretrizes preconizadas na norma de inspeção do IBAPE Nacional (2012), somadas com as publicações de autores renomados com trabalhos apresentados em congressos, auxiliaram na elaboração de um modelo de Lista de Verificação – (Checklist de Inspeção), situada no Anexo B, para ser preenchida nas inspeções *in loco*, que acaba contribuindo inclusive na elaboração do laudo técnico de inspeção e aplicação da Metodologia GUT.

## 5 RESULTADOS

Com a revisão de literatura e consultas as principais normativas elencadas a Inspeção Predial, foram efetuadas algumas propostas de *checklist*, que estão localizadas no Apêndice A e Anexos A e B deste trabalho.

Essas listas de registros das informações apuradas precisam sempre que necessário serem adaptadas conforme a complexidade e as especificidades do edifício e seus sistemas.

Na ficha de inspeção predial é essencial constituir lacunas para serem preenchidas contendo o local da inspeção, o sistema predial a ser examinado, a data da inspeção e as classificações relativas ao nível da edificação, grau de risco e tipologias das anomalias e falhas encontradas, junto com as imagens fotografadas e sua respectiva enumeração.

Além disso, deve deixar explícito as irregularidades detectadas e recomendações de correções das não conformidades para o síndico ou proprietário, o modelo está sendo mostrado no Apêndice A.

Já para o *checklist*, que se encontra no Anexo A, para a verificação dos documentos administrativos, técnicos e de manutenção e operação das edificações como recomenda o IBAPE (2012), foram dedicadas quatro colunas, onde na primeira descreve o documento a ser conferido, caso a edificação possua a referida documentação, a segunda coluna deve ser marcada, caso contrário deve assinalar a terceira coluna. A quarta coluna deve ser completada com observações em relação a papelada averiguada.

Em relação a lista de verificação do Anexo B, para um preenchimento adequado será apresentado de modo mais detalhado as divisões desse *checklist*.

A primeira página é destinada para dados essenciais sobre a inspeção predial, informações referente ao inspetor, data da inspeção, nome, endereço, idade, tipologia, quantidade de pavimentos, construtora, administradora, responsáveis pela edificação e áreas a serem inspecionadas, são alguns dos elementos indispensáveis que precisam ser completados e consequentemente ajudará nos itens essenciais que precisam estar contidos no laudo de inspeção.



A segunda parte desse *checklist* deve ser preenchida com o alvo de determinar o grau de risco e a ordem de prioridades das correções das anomalias, assim como é exibido no Quadro 12. A quantidade das listas de verificações dessa etapa, deve ser de acordo com o número de elementos a serem inspecionados e as listagens necessitam ser adaptadas as características de componente.

**Quadro 12** – Detalhamento do preenchimento da lista de verificação para determinar o grau de risco e aplicação da metodologia GUT das anomalias e falhas

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES												
X. SISTEMA A SER INSPECIONADO												
x.1	Elemento	x.2	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				Obs.
Elemento	2	x.n			C	R	M	G	U	T	P	
Elemento n												
( ) Componente a ( ) Componente b ( ) Componente (...)												
X.x.1	Descrição da anomalia ou falha				( )	( )	( )	—	—	—	—	

Fonte: Conteúdo Próprio.

Após a descrição da possível manifestação patológica a ser avaliada em um determinado elemento, na mesma linha e na segunda coluna deve ser expresso com SIM ou NÃO se aquela irregularidade foi detectada, se caso existir o dano na terceira coluna deve ser informado o número do registro fotográfico que estará presente na ficha de inspeção e no laudo de inspeção.

Em seguida essa mesma irregularidade exige ser classificada quanto a sua criticidade, assinalando na coluna C para crítico, R para regular (médio) e M para mínimo. E para a aplicação da metodologia GUT, são fixadas quatro colunas, onde a primeira coluna (G) corresponde a gravidade, a segunda (U) urgência e a terceira (T) tendência, onde devem ser atribuídos valores para cada um desses aspectos seguindo os coeficientes preconizados pela metodologia e por fim realizar na o produto desses fatores coluna (P). A última coluna é reservada para informar alguma informação relevante da não conformidade constatada.

Na parte dedicada a verificação das atividades e gestão relacionadas a manutenção, inicialmente deve ser informado se a edificação possui algum plano de manutenção, logo a seguir são apresentados alguns critérios para serem classificados quanto ao grau de atendimento das ações e gerenciamento de manutenção, em SUPERIOR, REGULAR ou INFERIOR. Para finalizar essa fase deve assinalar se a manutenção do empreendimento ATENDE, ATENDE PARCIALMENTE ou NÃO ATENDE ao plano de manutenção.

Adiante o inspetor irá responder com SIM ou NÃO alguns dados relacionados a verificação de uso, recomendações de sustentabilidade e recomendações gerais que são indispensáveis e irá ajudar nas seções correspondentes na elaboração do laudo de inspeção.

## 6 CONCLUSÕES

O estudo permitiu compreender que a inspeção predial é uma ferramenta estratégica preventiva eficiente que contribui na avaliação das condições de habitabilidade das edificações, que se destaca especialmente na identificação das necessidades de ações corretivas e preventivas de manutenção no edifício, cooperando na implantação ou até mesmo na conferência da eficiência do plano de manutenção predial.

Por meio das inspeções é possível acompanhar o comportamento da edificação em uso e identificar as manifestações patológicas e simultaneamente delegar os reparos necessários, evitando comprometer a segurança, a operação e integridade da edificação, como também a saúde, o conforto e atendimento das necessidades dos seus moradores.

Dessa maneira diversos acidentes podem ser evitados, assim como quanto mais cedo for detectado algum problema, provavelmente mais fácil e menos dispendioso será o custo para a correção, sem contar que evitará paralisações de sistemas ou propagação do vício construtivo em níveis mais intensos, inclusive até para outros componentes, causando depreciações no valor de mercado do imóvel.

A contratação da inspeção predial reflete em diversos benefícios para a edificação e seus contratantes, uma vez que oportuniza constatar os ganhos

relacionados a vida útil do edifício, através das tarefas de manutenção e caso não fique nítido esses resultados, irá auxiliar nos ajustes necessários das ações e periodicidade das manutenções preconizadas nos manuais e planos de manutenção, visando a qualidade dos sistemas prediais e suas frações.

Em razão de que o profissional responsável pela execução da inspeção predial durante a inspeção, irá perceber através das avaliações visuais, apurações dos documentos e entrevistas, as não conformidades que não estão atendendo ao desempenho adequado definido na concepção do projeto do edifício, possibilitando informar perdas antecipadas de durabilidade dos sistemas e componentes inspecionados, segundo a idade da edificação e os níveis de desempenho encontrado.

Estudos demostram que os gastos empregados são bens mais onerosos, quando os problemas são encontrados para serem reabilitados na manutenção corretiva. Por isso é essencial a conscientização dos responsáveis pelo bom funcionamento da edificação para dar a devida importância na adoção da inspeção predial para avaliar a situação real do empreendimento.

A aplicação do método de Gravidade, Urgência e Tendência – GUT é uma metodologia importante para examinar o grau de risco das anormalidades encontradas na edificação, utilizando os indicadores de referência e com o resultado do produto dos valores atribuídos para cada variável, ajuda na classificação das ordens de prioridades das correções, orientando aos síndicos e proprietários as ações reparadoras que mais precisam de atenção de imediato, evitando situações que torne a edificação vulnerável a acidentes e degradação precoce.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5462 – Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. **NBR 5674 - Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro, 1999.

\_\_\_\_\_. **NBR 5674 - Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575 - Partes 1-6: Desempenho de Edifícios Habitacionais.** Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **PROJETO ABNT NBR 16747 - Inspeção predial — Diretrizes, conceitos, terminologia, requisitos e procedimento.** Consulta Pública, 2018.

BRASIL, CÓDIGO DE PROCESSO CIVIL, **Lei nº 13.105**, 2015.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Desempenho de edificações habitacionais – guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013.** Brasília, 2013.

CARVALHO, E. M.; ALMEIDA, L. S. **Check-List para Inspeções Prediais Residenciais de Múltiplos Pavimentos: Desenvolvimento e Aplicação.** In: XIX Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, Foz do Iguaçu, 2017.

CASTRO, U. R. **Importância da manutenção predial preventiva e as ferramentas para sua execução.** Monografia. Curso de Especialização em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projeto de Pesquisa.** 4. ed. Atlas, São Paulo, 2002.

GOMIDE, T. L. F. **A manutenção de obras de construção civil dever ser obrigatória e periódica?** Instituto de Engenharia. 2018. Disponível em: <https://www.institutodeengenharia.org.br/site/2018/04/16/a-manutencao-das-obras-de-construcao-civil-deve-ser-obrigatoria-e-periodica/> Acesso em: 11 nov. 2018

GOMIDE, T. F.; FAGUNDES NETO, J. C.; GULLO, M. **Normas técnicas para engenharia diagnostica em edificações.** 1 ed., Pini, São Paulo, 2009.

GOMIDE, T. F.; PUJADAS, F.; FAGUNDES, NETO, J. **Técnicas de Inspeção e Manutenção Predial.** Pini, São Paulo, 2006.

HELENE, P. R. L. Introdução da durabilidade no projeto das estruturas de concreto. **Ambiente Construído**, São Paulo, v. 1, n.2, p. 45-47, 1997.

HELENE, P. R. L. **Manual para Reparo, reforço e Proteção de Estruturas de Concreto.** 2. ed. São Paulo: PINI, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA (IBAPE Nacional). **Norma de Inspeção Predial Nacional.** São Paulo, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO (IBAPE/SP). **Inspeção Predial: Check up predial: guia da boa manutenção.** Livraria e Editora Universitária de Direito, São Paulo, 2005.

\_\_\_\_\_. **Norma de Inspeção Predial.** São Paulo, 2011.

INSTITUTO DE ENGENHARIA (IE). **Diretrizes técnicas de engenharia diagnóstica em edificações**. São Paulo, SP: LEUD, 2016.

INSTITUTO DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO (IE/SP). **Diretrizes Técnicas de Engenharia Diagnóstica em Edificações**, 2014.

MARTINS, A. S. **Avaliação dos custos de serviços de manutenção predial em hotéis resorts**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MARTINS, G. A.; LINTZ, A. **Guia para Elaboração de Monografias e Trabalhos de Conclusão de Curso**. 2ª ed., Atlas, São Paulo, 2000.

NEVES, D. R. R.; BRANCO, L. A. M. N. **Estratégia de inspeção predial. Construindo**, v. 1, n. 01, Belo Horizonte, 2009.

NOUR, A. A. **Manutenção de Edifícios: diretrizes para elaboração de um sistema de manutenção de edifícios comerciais e residenciais**. Monografia. Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

PUJADAS, F. Z. A. **Inspeção Predial – Ferramenta de Avaliação da Manutenção**. In: XXIII Congresso Panamericano de Valuación. São Paulo. 2007. Disponível em: <<http://ibape-nacional.com.br/biblioteca/wp-content/uploads/2013/02/Inspecao-Predial-Ferramenta-de-Avaliacao-da-Manutencao.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

SILVA, F. B.; FRANÇA, A. A. V.; MARCONDES, C. G. N.; DA ROCHA, F. C.; MEDEIROS, M. H. F.; HELENE, P. **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. Técnica**, v. 19, n. 174, p. 72-77, 2011. Disponível em: <<https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2011/07/Artigo-Techne-174-set-2011-Prof.pdf>>. Acesso em: 03 dez. 2018.

SILVA, W. L. **Inspeção Predial: diretrizes, roteiro e modelo de laudo para inspeções em edificações residenciais da cidade do Rio de Janeiro**. Projeto de Graduação. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

SOUZA, I. B. **Inspeção Predial: Um Estudo de Caso na Cidade De Porto Alegre/RS**. Monografia – Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade do Rio Grande do Sul. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

SOUZA, J. L. P. **Desafios na implantação do nível superior da norma de desempenho em edificação residencial em novo Hamburgo/RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2016.





VERZOLA, S. N., MARCHIORI, F. F., ARAGON, J. O. **Proposta de Lista de Verificação para Inspeção Predial X Urgência das Manutenções**. In: XV

Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Maceió, 2014.

VILLANUEVA, M. M. **A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação**. Projeto de Graduação. Departamento de Construção Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

VITÓRIO, J. A. P. **Inspeções, conservação e gestão de pontes e viadutos de concreto**. São Paulo, IBRACON, 2006.

APÊNDICE A – FICHA DE INSPEÇÃO PREDIAL

INSPEÇÃO - LOCAL:			
SISTEMA CONSTRUTIVO:			
Complexidade da Edificação:	Nível 1 (    )	Nível 2 (    )	Nível 3 (    )
Item (número da foto) – (Descrição da foto)		Item (número da foto) – (Descrição da foto)	
<div></div> <p>(Registro fotográfico)</p>		<div></div> <p>(Registro fotográfico)</p>	
Item (número da foto) – (Descrição da foto)		Item (número da foto) – (Descrição da foto)	
<div></div> <p>(Registro fotográfico)</p>		<div></div> <p>(Registro fotográfico)</p>	
Inspeção em:    ____/____/____			

<b>Grau de Risco:</b>	Crítico (   )   Regular (   )   Mínimo (   ) Nenhum (   )
<b>ANOMALIAS</b>	
Endógena (   ) Exógena (   ) Natural (   ) Funcional (   ) Nenhuma Anomalia Detectada (   )	
<b>FALHAS</b>	
De Planejamento (   ) De Execução (   ) Operacionais (   ) Gerenciais (   )	
<b>IRREGULARIDADES ENCONTRADAS</b>	
<div></div>	
<b>RECOMENDAÇÕES</b>	
<div></div>	

Fonte: Conteúdo Próprio



**ANEXO A – CHECKLIST DOS DOCUMENTOS ADMINISTRATIVOS, TÉCNICOS,  
MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DA EDIFICAÇÃO**

DOCUMENTOS ADMINISTRATIVOS	POSSUI		OBSERVAÇÕES
	SIM	NÃO	
Instituição, Especificação e Convenção de Condomínio	(   )	(   )	
Regimento Interno do Condomínio	(   )	(   )	
Alvará de Construção	(   )	(   )	
Auto de Conclusão	(   )	(   )	
IPTU	(   )	(   )	
Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA)	(   )	(   )	
Alvará do Corpo de Bombeiros	(   )	(   )	
Ata de instalação do condomínio	(   )	(   )	
Alvará de funcionamento	(   )	(   )	
Certificado de Manutenção do Sistema de Segurança	(   )	(   )	
Certificado de treinamento de brigada de incêndio	(   )	(   )	
Licença de funcionamento da prefeitura	(   )	(   )	
Licença de funcionamento do órgão ambiental estadual	(   )	(   )	
Cadastro no sistema de limpeza urbana	(   )	(   )	
Comprovante da destinação de resíduos sólidos, etc	(   )	(   )	
Relatório de danos ambientais, quando pertinente	(   )	(   )	
Licença da vigilância sanitária, quando pertinente	(   )	(   )	
Contas de consumo de energia elétrica, água e gás	(   )	(   )	

PCMSO – Programa de Controle ( ) ( ) Médico de Saúde Ocupacional			
Certificado de Acessibilidade ( ) ( )			
DOCUMENTOS TÉCNICOS	POSSUI		OBSERVAÇÕES
	SIM	NÃO	
Memorial descritivo dos sistemas construtivos ( ) ( )			
Projeto executivo ( ) ( )			
Projeto de estruturas ( ) ( )			
Projeto de Instalações Prediais	Instalações hidráulicas ( ) ( )		
	Instalações de gás ( ) ( )		
	Instalações elétricas ( ) ( )		
	Instalações de cabeamento e telefonia ( ) ( )		
	Instalações do Sistema de Proteção Contra Descargas ( ) ( )		

Continuação.

	Instalações de climatização ( ) ( )		
	Combate a incêndio ( ) ( )		
Projeto de Impermeabilização ( ) ( )			
Projeto de Revestimentos em geral, incluída fachadas ( ) ( )			
Projeto de paisagismo ( ) ( )			
DOCUMENTOS DE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO	POSSUI		OBSERVAÇÕES
	SIM	NÃO	
Manual de Uso, Operação e Manutenção (Manual do Proprietário e do Síndico) ( ) ( )			
Plano de Manutenção e Operação e Controle (PMOC) ( ) ( )			

Selos dos Extintores	( ) ( )
Relatório de Inspeção Anual de Elevadores (RIA)	( ) ( )
Atestado do Sistema de Proteção a Descarga Atmosférica - SPDA	( ) ( )
Certificado de limpeza e desinfecção dos reservatórios	( ) ( )
Relatório das análises físico-químicas de potabilidade de água dos reservatórios e da rede	( ) ( )
Certificado de ensaios de pressurização em mangueiras	( ) ( )
Laudos de Inspeção Predial anteriores	( ) ( )
Certificado de ensaios de pressurização em cilindro de extintores	( ) ( )
Relatório do acompanhamento de rotina da Manutenção Geral	( ) ( )
Relatórios dos Acompanhamentos das Manutenções dos Sistemas Específicos, tais como: ar condicionado, motores, antenas, bombas, CFTV, equipamentos eletromecânicos e demais componentes	( ) ( )
Relatórios de ensaios da água gelada e de condensação de sistemas de ar condicionado central	( ) ( )
Certificado de teste de estanqueidade do sistema de gás	( ) ( )
Relatórios de ensaios preditivos, tais como: termografia, vibrações mecânicas, etc	( ) ( )
Relatórios dos Acompanhamentos das Manutenções dos Sistemas Específicos, tais como: ar condicionado, motores, antenas, bombas, CFTV, equipamentos	( ) ( )

eletromecânicos e demais componentes
Cadastro de equipamentos e máquinas     (   )     (   )

Fonte: Adaptado de IBAPE NACIONAL (2012)

**ANEXO B – LISTA DE VERIFICAÇÃO (CHECKLIST PARA A INSPEÇÃO)**

<b>CHECK-LIST - INSPEÇÃO PREDIAL</b>		Data:
Responsável pela inspeção:		
Nome do Edifício:		
Endereço:		Bairro:
Complemento:		CEP:
Responsável pela edificação:		CNPJ:
Email:		Fone:
Tipologia		
(   ) Residencial     (   ) Comercial     (   ) Industrial     (   ) Outros:		
Nº de pavimentos:		Ano de construção:
Construtora:		Administradora:
Responsável para acompanhamento:		

<b>Áreas e equipamentos específicos</b>	
(   ) Piscina	(   ) Elevadores
(   ) Playground	(   ) Geradores
(   ) Quadras Esportivas	(   ) Central de ar condicionado
(   ) Salão de Jogos	(   ) SPDA
(   ) Brinquedoteca	(   ) Central de GLP

(    ) Academia	(    ) Outros: _____
(    ) Outros: _____	(    ) Outros: _____
(    ) Outros: _____	(    ) Outros: _____

Observações importantes:

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
1. SISTEMAS DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS PASSÍVEIS DE VERIFICAÇÃO VISUAL										
1.1 Pilares 1.2 Vigas 1.3 Lajes 1.4 Marquises 1.5 Contenções E Arrimos 1.6 Muros ( ) Concreto Armado ( ) Blocos Cimentícios ( ) Metálico ( ) Madeira ( ) Alvenaria de Pedra ( ) Tijolos Cerâmicos maciços ( ) Pré-moldados ( ) Gabião ( ) Alvenaria ( ) Vidro ( ) Outro: _____	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
1.1.1 Formação de fissuras por: sobrecargas, falhas de armaduras, movimentações estruturais;			( )	( )	( )	___	___	___	___	
1.1.2 Irregularidades geométricas ou falhas de concretagem			( )	( )	( )	___	___	___	___	
1.1.3 Armadura exposta			( )	( )	( )	___	___	___	___	
1.1.4 Deformações			( )	( )	( )	___	___	___	___	
1.1.5 Deterioração de materiais, destacamento, desagregação			( )	( )	( )	___	___	___	___	
1.1.6 Eflorescência, desenvolvimento de organismos biológicos			( )	( )	( )	___	___	___	___	
1.1.7 Segregação do concreto (Bicheira, ninhos)			( )	( )	( )	___	___	___	___	
1.1.8 Infiltrações			( )	( )	( )	___	___	___	___	
1.1.9 Recalques			( )	( )	( )	___	___	___	___	
1.1.10 Colapso do solo			( )	( )	( )	___	___	___	___	
1.1.11 Corrosão metálica			( )	( )	( )	___	___	___	___	
1.1.12 Erosão do solo			( )	( )	( )	___	___	___	___	
1.1.13 Outro: _____			( )	( )	( )	___	___	___	___	

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
2. SISTEMAS DE VEDAÇÃO E REVESTIMENTO										
<b>2.1 Paredes Externas 2.2 Paredes Internas 2.3 Pisos 2.4 Forros</b> ( ) Concreto Armado ( ) Alvenaria ( ) Blocos Cimentícios ( ) Madeira ( ) Placa Cimentícia ( ) Pano de Vidro ( ) Pedra ( ) Gesso Acartonado ( ) Substrato de Reboco ( ) Gesso ( ) Elemento Cerâmico ( ) Película de Pintura ( ) Cerâmico ( ) Laminado ( ) Cimento Queimado ( ) PVC Outro: _____	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
2.1.1 Formação de fissuras por: sobrecargas, movimentações estruturais, higotérmicas, reações químicas ou falhas nos detalhes construtivos			( )	( )	( )	___	___	___	___	
2.1.2 Infiltração de umidade			( )	( )	( )	___	___	___	___	
2.1.3 Eflorescência, desenvolvimento de organismos biológicos			( )	( )	( )	___	___	___	___	
2.1.4 Deterioração dos materiais, destacamento, empolamento, pulverulência			( )	( )	( )	___	___	___	___	
2.1.5 Irregularidades geométricas, fora de prumo/ nível			( )	( )	( )	___	___	___	___	
2.1.6 Desagregação de elementos, partes soltas, partes quebradas			( )	( )	( )	___	___	___	___	
2.1.7 Manchamento, vesículas, descoloração da pintura, sujidades			( )	( )	( )	___	___	___	___	
2.1.8 Ineficiência no rejuntamento/emendas			( )	( )	( )	___	___	___	___	
2.1.9 Abertura improvisada para passagem de cabos			( )	( )	( )	___	___	___	___	
2.1.10 Falta ou deficiência nas juntas de trabalho			( )	( )	( )	___	___	___	___	
2.1.11 Som cavo			( )	( )	( )	___	___	___	___	
2.1.12 Outro: _____			( )	( )	( )	___	___	___	___	

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
3. SISTEMAS DE ESQUADRIAS										
<b>3.1 Janelas 3.2 Portas e Portões 2.3 Guarda Corpos</b> ( ) Alumínio ( ) PVC ( ) Madeira ( ) Vidro temperado ( ) Metálica ( ) Outro: _____	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
3.1.1 Vedação deficiente			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.2 Degradação/desgaste do material, oxidação, corrosão			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.3 Desagregação de elementos, partes soltas, partes quebradas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.4 Ataque de pragas nas esquadrias			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.5 Ineficiência no deslizamento/abertura, trincos/fechamento			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.6 Fixação deficiente			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.7 Vibração			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.8 Irregularidades geométricas, fora de prumo/ nível/ esquadro			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.9 Manchamento, sujidades			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.10 Deficiência na pintura, oxidação e corrosão das esquadrias			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.11 Vidros soltos ou quebrados			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.12 Rompimento ou descolamento do material selante / Infiltração			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.13 Perda de mobilidade e/ou deficiências na abertura e fechamento			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.14 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	



SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
4. SISTEMAS DE COBERTURA										
4.1 Telhamento 4.2 Estrutura do Telhamento 4.3 Rufos e Calhas 4.4 Lajes Impermeabilizadas ( ) Cerâmico ( ) Fibrocimento ( ) Metálico ( ) Vidro temperado ( ) Madeira ( ) PVC ( ) Concreto ( ) Alumínio ( ) Fibras de vidro ( ) Pré-moldada ( ) Outro: _____	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
4.1.1 Formação de fissuras por: sobrecargas, falhas de armaduras, movimentações estruturais, assentamento plástico			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.2 Irregularidades geométricas, deformações excessivas			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.3 Falha nos elementos de fixação			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.4 Desagregação de elementos, partes soltas, partes quebradas, trincas			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.5 Eflorescência, desenvolvimento de organismos biológicos			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.6 Degradação do material, oxidação/corrosão, apodrecimento			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.7 Perda de estanqueidade, porosidade excessiva			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.8 Manchamento, sujidades			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.9 Ataque de pragas biológicas			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.10 Deterioração do concreto, destacamento, desagregação, segregação			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.11 Ineficiência nas emendas			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.12 Impermeabilização ineficiente, infiltrações			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.13 Subdimensionamento			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.14 Obstrução por sujidades			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.15 Ressecamentos das borrachas de vedação / vedantes de calhas e rufos			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.16 Outro: _____			( )	( )	( )	___	___	___	___	

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
5. SISTEMAS DE RESERVATÓRIOS										
5.1 Caixas d'água e Cisternas ( ) Concreto Armado ( ) Fibrocimento ( ) Metálico ( ) ( ) Fibra de Vidro ( ) Outro: _____	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
5.1.1 Formação de fissuras por: sobrecargas, falhas de armaduras, movimentações estruturais, assentamento plástico, recalques			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.2 Deterioração do concreto, destacamento, desagregação, segregação			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.3 Degradação/desgaste do material, oxidação, corrosão			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.4 Eflorescência, desenvolvimento de microorganismos biológicos			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.5 Irregularidades geométricas, falhas de concretagem			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.6 Armadura exposta			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.7 Vazamento/ infiltrações de umidade			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.8 Colapso do solo			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.9 Ausência/ ineficiência de tampa dos reservatórios			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.10 Ausência de extravasor da calha			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.11 Não conformidade na pintura das tubulações			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.12 Entupimento / extravasamento de calhas / ralos			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.13 Falta de identificação nos registros do barrilete			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.14 Outro: _____			( )	( )	( )	___	___	___	___	

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
6. SISTEMAS DE INSTALAÇÕES PASSÍVEIS DE VERIFICAÇÃO VISUAL										
<b>6.1 Hidrosanitárias: Tubulações, Conexões, Acessórios, Caixas e Ralos</b> ( ) Água quente ( ) Água fria ( ) Águas pluviais ( ) Esgoto <b>6.2 Elétricas: Quadros de Luz e Caixas de Passagem, Pontos de Luz, Tomadas e Interruptores</b> ( ) Metálico ( ) Pvc ( ) Madeira <b>6.3 Casa de Gás, Caixas de Passagem, Tubulações Aparentes, Aparelhos Conectados à Rede</b>	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
6.1.1 Degradação/desgaste do material, oxidação, corrosão			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.1.2 Desagregação de elementos, partes soltas, partes quebradas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.1.3 Entupimentos			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.1.4 Vazamentos e infiltrações			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.1.5 Não conformidade na pintura das tubulações			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.1.6 Irregularidades geométricas, deformações excessivas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.1.7 Sujidades ou materiais indevidos depositados no interior			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.1.8 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.1 Quadro de luz obstruído / trancado / sem identificação dos circuitos			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.2 Ausência de cordoalhas de aterramento entre as portas e o corpo dos quadros elétricos			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.3 Ineficiência de funcionamento (abertura, acendimento)			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.4 Lâmpadas queimadas ou ausência de lâmpadas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.5 Ataque de pragas urbanas em quadros elétricos e de telefonia com fundo de madeira			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.6 Modificações das instalações elétricas / improvisos			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.7 Superaquecimento			( )	( )	( )	—	—	—	—	

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
6. SISTEMAS DE INSTALAÇÕES PASSÍVEIS DE VERIFICAÇÃO VISUAL										
<b>6.1 Hidrosanitárias: Tubulações, Conexões, Acessórios, Caixas e Ralos</b> ( ) Água quente ( ) Água fria ( ) Águas pluviais ( ) Esgoto <b>6.2 Elétricas: Quadros de Luz e Caixas de Passagem, Pontos de Luz, Tomadas e Interruptores</b> ( ) Metálico ( ) Pvc ( ) Madeira <b>6.3 Casa de Gás, Caixas de Passagem, Tubulações Aparentes, Aparelhos Conectados à Rede</b>	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
6.2.8 Fiações e cabos elétricos aparentes / com muitas emendas / partes vivas expostas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.9 Curto circuito			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.10 Cerca elétrica danificada			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.11 Risco de descarga elétrica			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.12 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.3.1 Indícios de vazamentos de gás			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.3.2 Ausência/ inadequação do certificado de manutenção			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.3.3 Não conformidade nas dimensões mínimas do abrigo			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.3.4 Não conformidade na pintura das tubulações			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.3.5 Falta de abertura inferior do abrigo			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.3.6 Abertura do abrigo permitindo acesso pela via pública			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.3.7 Falta de sinalização obrigatória			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.3.8 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
7. EQUIPAMENTOS/MECANIZAÇÃO										
7.1 Elevadores 7.2 Climatização 7.3 Ventilação e Exaustão Mecânica 7.4 Motor Elétrico 7.5 Bomba Hidráulica	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
7.1.1 Degradação/desgaste do material, oxidação, corrosão			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.2 Desagregação de elementos, partes soltas, partes quebradas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.3 Sujidades ou materiais indevidos depositados no interior			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.4 Infiltrações de umidade			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.5 Fosso com infiltração de água			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.6 Falhas de funcionamento (do alarme / interfone / iluminação / ventilação)			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.7 Ausência/ inadequação do certificado de manutenção			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.8 Porta da cabina abre em movimento ou não fecha totalmente			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.9 Movimento do elevador com trepidações ou paradas bruscas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.10 Desnível entre o piso da cabina e o pavimento maior que 5mm / 20mm (com inclinação)			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.11 Vazamento de óleo das máquinas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.12 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.2.1 Filtro de ar com excesso de sujeira			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.2.2 Ruídos anormais durante funcionamento dos condicionares			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.2.3 Aparelho subdimensionado			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.2.4 Ar condicionado não ajustado conforme a ABNT NBR 6401			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.2.5 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.3.1 Erros no dimensionamento / instalação do sistema			( )	( )	( )	—	—	—	—	

7.3.2	Falta de testes periódicos			( )	( )	( )	—	—	—	—	
<b>SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES</b>											
<b>7. EQUIPAMENTOS/MECANIZAÇÃO</b>											
7.1 Elevadores 7.2 Climatização 7.3 Ventilação e Exaustão Mecânica 7.4 Motor Elétrico 7.5 Bomba Hidráulica		SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
				C	R	M	G	U	T	P	
7.3.3	Aparelho subdimensionado			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.3.4	Falta de treinamento de operadores locais			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.3.5	Presença de contaminantes próximos às tomadas de ar			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.3.6	Falta de limpeza periódica dos filtros e caixas de gordura			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.3.7	Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.4.1	Aquecimento excessivo do motor			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.4.2	Partidas demoradas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.4.3	Falha do funcionamento do quadro de comando elétrico			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.4.4	Degradação da fiação e dos isolantes elétricos			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.4.5	Local com excesso de poeiras			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.4.6	Ataques por vapores ácidos e corrosivos			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.4.7	Vazamentos de óleos e graxas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.4.8	Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.5.1	Problemas de vedação			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.5.2	Perda de lubrificação			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.5.3	Materiais armazenados inadequadamente na casa de bomba			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.5.4	Óleo degradado/contaminado			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.5.5	Níveis de ruído/vibração muito alto			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.5.6	Vazamento na carcaça da bomba			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.5.7	Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES													
8. SISTEMAS DE PREVENÇÃO DE COMBATE A INCÊNDIO PASSÍVEIS DE VERIFICAÇÃO VISUAL													
8.1 Extintores Automáticos	8.2 Hidrantes	8.3 Saída de Emergência	8.4 Chuveiros	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
						C	R	M	G	U	T	P	
8.1.1	Ausência/ inadequação do certificado de manutenção e validade dos extintores					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.1.2	Ausência/ inadequação do alvará anual emitido pelo CBM					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.1.3	Descarregados/prazos de validade vencidos					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.1.4	Lacre violado/vencido					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.1.5	Sem indicação da sua classe					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.1.6	Quadro de instruções ilegível ou inexistente					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.1.7	Quantidade insuficiente/instalados acima de 1,60m/abaixo de 0,20 m do piso acabado					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.1.8	Mangueira de descarga apresenta danos/deformação/ressecamento					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.1.9	Sinalização incorreta					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.1.10	Outro: _____					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.2.1	Falta de conservação e sinalização da bomba de incêndio					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.2.2	Dispositivo de comando da bomba quebrado/em mau estado de conservação					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.2.3	Mau estado de conservação das caixas de hidrantes					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.2.4	Mangueira do hidrante enrolada inadequadamente /furada/cortada/ ausente					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.2.5	Mangueira conectada					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.2.6	Ausência da mangueira					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.2.7	Ausência do esguicho					( )	( )	( )	___	___	___	___	

8.2.8	Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.3.1	Falta de sinalização das rotas de fuga e de emergência			( )	( )	( )	—	—	—	—	
<b>SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES</b>											
<b>8. SISTEMAS DE PREVENÇÃO DE COMBATE A INCÊNDIO PASSÍVEIS DE VERIFICAÇÃO VISUAL</b>											
8.1 Extintores 8.2 Hidrantes 8.3 Saída de Emergência 8.4 Chuveiros Automáticos		SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
				C	R	M	G	U	T	P	
8.3.2	Portas obstruídas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.3.3	Portas corta-fogo em mau estado de funcionamento das fechaduras			( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.3.4	Portas corta-fogo abertas e travadas com objetos			( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.3.5	Falha de iluminação autônoma			( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.3.6	Portas que abrem para o interior do edifício			( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.3.7	Saídas com menos de 1,20m de largura			( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.3.8	Escada sem corrimão			( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.3.9	Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.4.1	Detectores sujos/pintados			( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.4.2	Área de atuação prejudicada por obstáculos			( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.4.3	Materiais como fios e encanamentos amarrados nas tubulações do sistema			( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.4.4	Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	



SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
9. SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS										
9.1 SPDA	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
9.1.1 Ausência do sistema (A>1500m² ou H>12m)			( )	( )	( )	___	___	___	___	
9.1.2 Queda de haste/antena			( )	( )	( )	___	___	___	___	
9.1.3 Corrosão em cabos/conexões/hastes			( )	( )	( )	___	___	___	___	
9.1.4 Descidas insuficientes (mínimo uma descida a cada 20 m de perímetro.)			( )	( )	( )	___	___	___	___	
9.1.5 Ausência de luz de topo na haste do SPDA			( )	( )	( )	___	___	___	___	
9.1.6 Seção dos cabos/fitas utilizados no subsistema de captação insuficiente (cobre: 35mm², aço galvanizado a quente ou aço cobreado: 50 mm², alumínio: 70 mm²)			( )	( )	( )	___	___	___	___	
9.1.7 Anéis intermediários de equipotencialização insuficientes (mínimo de um anel a cada 20 metros de altura)			( )	( )	( )	___	___	___	___	
9.1.8 Estruturas metálicas da cobertura não interligadas com o subsistema de captação do SPDA			( )	( )	( )	___	___	___	___	
9.1.9 Problemas na instalação dos cabos/fitas no perímetro da cobertura, analisando o subsistema de captação quando for tipo malha, enfatizando na localização dos elementos de captação em cantos, quinas, bordas e saliências.			( )	( )	( )	___	___	___	___	
9.1.10 Eletrodos de aterramento afastados menos de 1,0 m das paredes externas das edificações			( )	( )	( )	___	___	___	___	
9.1.11 Uso de material no subsistema de aterramento não permitido como o alumínio)			( )	( )	( )	___	___	___	___	
9.1.12 Outro: _____			( )	( )	( )	___	___	___	___	

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
10. SISTEMAS DE ÁREAS DE LAZER										
10.1 Piscina 10.2 Playground 10.3 Quadra Esportiva 10.4 Brinquedoteca e Salão de Jogos	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
10.1.1 Falha na Impermeabilização			( )	( )	( )	___	___	___	___	
10.1.2 Falha no rejunte			( )	( )	( )	___	___	___	___	
10.1.3 Afundamento/trinca/descolamento/desgaste do revestimento/ piso			( )	( )	( )	___	___	___	___	
10.1.4 Equipamento de apoio: proteção com folga/solto/corrosão ou inexistente			( )	( )	( )	___	___	___	___	
10.1.5 Armazenamento de cloro em local não ventilado			( )	( )	( )	___	___	___	___	
10.1.6 Outro: _____			( )	( )	( )	___	___	___	___	
10.2.1 Falha na estrutura			( )	( )	( )	___	___	___	___	
10.2.2 Afrouxamento/rompimento de pinos/porcas/ parafusos			( )	( )	( )	___	___	___	___	

10.2.3	Peças ausentes/dobradas/rompidas/afrouxadas e/ou ganchos gastos/corrosão			( ( ( ) ) )	___ ___ ___ ___	
10.2.4	Arestas ou cantos vivos			( ( ( ) ) )	___ ___ ___ ___	
10.2.5	Falta de lubrificação/emperramento/movimento anormal			( ( ( ) ) )	___ ___ ___ ___	
10.2.6	Barra de segurança/corrimão/barreira ausentes, rompidas ou frouxas.			( ( ( ) ) )	___ ___ ___ ___	
10.2.7	Piso/degrau quebrado ou sem superfície antiderrapante			( ( ( ) ) )	___ ___ ___ ___	
10.2.8	Problema de escoamento da água pluvial			( ( ( ) ) )	___ ___ ___ ___	
10.2.9	Outro: _____			( ( ( ) ) )	___ ___ ___ ___	
10.3.1	Desgaste da pintura do piso			( ( ( ) ) )	___ ___ ___ ___	
10.3.2	Corrosão da estrutura do alambrado de fechamento ou das cestas			( ( ( ) ) )	___ ___ ___ ___	
10.3.3	Piso com falha no caimento			( ( ( ) ) )	___ ___ ___ ___	

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
10. SISTEMAS DE ÁREAS DE LAZER										
10.1 Piscina 10.2 Playground 10.3 Quadra Esportiva 10.4 Brinquedoteca e Salão de Jogos	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
10.3.4 Furos no piso para encaixe de postes sem tampas			( )	( )	( )	___	___	___	___	
10.3.5 Outro: _____			( )	( )	( )	___	___	___	___	
10.4.1 Tomadas baixas desprotegidas			( )	( )	( )	___	___	___	___	
10.4.2 Quinas vivas em paredes ou mobiliários			( )	( )	( )	___	___	___	___	
10.4.3 Piso desprotegido com emborrachamento danificado			( )	( )	( )	___	___	___	___	
10.4.4 Outro: _____			( )	( )	( )	___	___	___	___	

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
2. SISTEMAS DE VEDAÇÃO E REVESTIMENTO										
<b>2.1 Paredes Externas 2.2 Paredes Internas 2.3 Pisos 2.4 Forros</b> (    ) Concreto Armado (    ) Alvenaria (    ) Blocos Cimentícios (    ) Madeira (    ) Placa Cimentícia (    ) Pano de Vidro (    ) Pedra (    ) Gesso Acartonado (    ) Substrato de Reboco (    ) Gesso (    ) Elemento Cerâmico (    ) Película de Pintura (    ) Cerâmico (    ) Laminado (    ) Cimento Queimado (    ) PVC Outro: _____	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
2.1.1    Formação de fissuras por: sobrecargas, movimentações estruturais, higotérmicas, reações químicas ou falhas nos detalhes construtivos			(    )	(    )	(    )	___	___	___	___	
2.1.2    Infiltração de umidade			(    )	(    )	(    )	___	___	___	___	
2.1.3    Eflorescência, desenvolvimento de organismos biológicos			(    )	(    )	(    )	___	___	___	___	
2.1.4    Deterioração dos materiais, destacamento, empolamento, pulverulência			(    )	(    )	(    )	___	___	___	___	
2.1.5    Irregularidades geométricas, fora de prumo/ nível			(    )	(    )	(    )	___	___	___	___	
2.1.6    Desagregação de elementos, partes soltas, partes quebradas			(    )	(    )	(    )	___	___	___	___	
2.1.7    Manchamento, vesículas, descoloração da pintura, sujidades			(    )	(    )	(    )	___	___	___	___	
2.1.8    Ineficiência no rejuntamento/emendas			(    )	(    )	(    )	___	___	___	___	
2.1.9    Abertura improvisada para passagem de cabos			(    )	(    )	(    )	___	___	___	___	
2.1.10    Falta ou deficiência nas juntas de trabalho			(    )	(    )	(    )	___	___	___	___	
2.1.11    Som cavo			(    )	(    )	(    )	___	___	___	___	
2.1.12    Outro: _____			(    )	(    )	(    )	___	___	___	___	

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
3. SISTEMAS DE ESQUADRIAS										
<b>3.1 Janelas 3.2 Portas e Portões 2.3 Guarda Corpos</b> ( ) Alumínio ( ) PVC ( ) Madeira ( ) Vidro temperado ( ) Metálica ( ) Outro: _____	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
3.1.1 Vedação deficiente			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.2 Degradação/desgaste do material, oxidação, corrosão			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.3 Desagregação de elementos, partes soltas, partes quebradas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.4 Ataque de pragas nas esquadrias			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.5 Ineficiência no deslizamento/abertura, trincos/fechamento			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.6 Fixação deficiente			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.7 Vibração			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.8 Irregularidades geométricas, fora de prumo/ nível/ esquadro			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.9 Manchamento, sujidades			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.10 Deficiência na pintura, oxidação e corrosão das esquadrias			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.11 Vidros soltos ou quebrados			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.12 Rompimento ou descolamento do material selante / Infiltração			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.13 Perda de mobilidade e/ou deficiências na abertura e fechamento			( )	( )	( )	—	—	—	—	
3.1.14 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
4. SISTEMAS DE COBERTURA										
4.1 Telhamento Impermeabilizadas ( ) Cerâmico ( ) Fibrocimento ( ) Metálico ( ) Vidro temperado ( ) Madeira ( ) PVC ( ) Concreto ( ) Alumínio ( ) Fibras de vidro ( ) Pré-moldada ( ) Outro: _____	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
4.1.1 Formação de fissuras por: sobrecargas, falhas de armaduras, movimentações estruturais, assentamento plástico			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.2 Irregularidades geométricas, deformações excessivas			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.3 Falha nos elementos de fixação			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.4 Desagregação de elementos, partes soltas, partes quebradas, trincas			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.5 Eflorescência, desenvolvimento de organismos biológicos			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.6 Degradação do material, oxidação/corrosão, apodrecimento			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.7 Perda de estanqueidade, porosidade excessiva			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.8 Manchar, sujidades			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.9 Ataque de pragas biológicas			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.10 Deterioração do concreto, destacamento, desagregação, segregação			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.11 Ineficiência nas emendas			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.12 Impermeabilização ineficiente, infiltrações			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.13 Subdimensionamento			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.14 Obstrução por sujidades			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.15 Ressecamentos das borrachas de vedação / vedantes de calhas e rufos			( )	( )	( )	___	___	___	___	
4.1.16 Outro: _____			( )	( )	( )	___	___	___	___	

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
5. SISTEMAS DE RESERVATÓRIOS										
5.1 Caixas d'água e Cisternas ( ) Concreto Armado ( ) Fibrocimento ( ) Metálico ( ) ( ) Fibras de Vidro ( ) Outro: _____	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
5.1.1 Formação de fissuras por: sobrecargas, falhas de armaduras, movimentações estruturais, assentamento plástico, recalques			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.2 Deterioração do concreto, destacamento, desagregação, segregação			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.3 Degradação/desgaste do material, oxidação, corrosão			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.4 Eflorescência, desenvolvimento de microorganismos biológicos			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.5 Irregularidades geométricas, falhas de concretagem			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.6 Armadura exposta			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.7 Vazamento/ infiltrações de umidade			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.8 Colapso do solo			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.9 Ausência/ ineficiência de tampa dos reservatórios			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.10 Ausência de extravasor da calha			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.11 Não conformidade na pintura das tubulações			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.12 Entupimento / extravasamento de calhas / ralos			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.13 Falta de identificação nos registros do barrilete			( )	( )	( )	___	___	___	___	
5.1.14 Outro: _____			( )	( )	( )	___	___	___	___	



SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
6. SISTEMAS DE INSTALAÇÕES PASSÍVEIS DE VERIFICAÇÃO VISUAL										
<b>6.1 Hidrosanitárias: Tubulações, Conexões, Acessórios, Caixas e Ralos</b> ( ) Água quente ( ) Água fria ( ) Águas pluviais ( ) Esgoto <b>6.2 Elétricas: Quadros de Luz e Caixas de Passagem, Pontos de Luz, Tomadas e Interruptores</b> ( ) Metálico ( ) Pvc ( ) Madeira <b>6.3 Casa de Gás, Caixas de Passagem, Tubulações Aparentes, Aparelhos Conectados à Rede</b>	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
6.1.1 Degradação/desgaste do material, oxidação, corrosão			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.1.2 Desagregação de elementos, partes soltas, partes quebradas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.1.3 Entupimentos			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.1.4 Vazamentos e infiltrações			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.1.5 Não conformidade na pintura das tubulações			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.1.6 Irregularidades geométricas, deformações excessivas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.1.7 Sujidades ou materiais indevidos depositados no interior			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.1.8 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.1 Quadro de luz obstruído / trancado / sem identificação dos circuitos			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.2 Ausência de cordoalhas de aterramento entre as portas e o corpo dos quadros elétricos			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.3 Ineficiência de funcionamento (abertura, acendimento)			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.4 Lâmpadas queimadas ou ausência de lâmpadas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.5 Ataque de pragas urbanas em quadros elétricos e de telefonia com fundo de madeira			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.6 Modificações das instalações elétricas / improvisos			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.7 Superaquecimento			( )	( )	( )	—	—	—	—	

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
6. SISTEMAS DE INSTALAÇÕES PASSÍVEIS DE VERIFICAÇÃO VISUAL										
<b>6.1 Hidrosanitárias: Tubulações, Conexões, Acessórios, Caixas e Ralos</b> ( ) Água quente ( ) Água fria ( ) Águas pluviais ( ) Esgoto <b>6.2 Elétricas: Quadros de Luz e Caixas de Passagem, Pontos de Luz, Tomadas e Interruptores</b> ( ) Metálico ( ) Pvc ( ) Madeira <b>6.3 Casa de Gás, Caixas de Passagem, Tubulações Aparentes, Aparelhos Conectados à Rede</b>	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
6.2.8 Fiações e cabos elétricos aparentes / com muitas emendas / partes vivas expostas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.9 Curto circuito			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.10 Cerca elétrica danificada			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.11 Risco de descarga elétrica			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.2.12 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.3.1 Indícios de vazamentos de gás			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.3.2 Ausência/ inadequação do certificado de manutenção			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.3.3 Não conformidade nas dimensões mínimas do abrigo			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.3.4 Não conformidade na pintura das tubulações			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.3.5 Falta de abertura inferior do abrigo			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.3.6 Abertura do abrigo permitindo acesso pela via pública			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.3.7 Falta de sinalização obrigatória			( )	( )	( )	—	—	—	—	
6.3.8 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
7. EQUIPAMENTOS/MECANIZAÇÃO										
7.1 Elevadores 7.2 Climatização 7.3 Ventilação e Exaustão Mecânica 7.4 Motor Elétrico 7.5 Bomba Hidráulica	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
7.1.1 Degradação/desgaste do material, oxidação, corrosão			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.2 Desagregação de elementos, partes soltas, partes quebradas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.3 Sujidades ou materiais indevidos depositados no interior			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.4 Infiltrações de umidade			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.5 Fosso com infiltração de água			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.6 Falhas de funcionamento (do alarme / interfone / iluminação / ventilação)			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.7 Ausência/ inadequação do certificado de manutenção			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.8 Porta da cabina abre em movimento ou não fecha totalmente			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.9 Movimento do elevador com trepidações ou paradas bruscas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.10 Desnível entre o piso da cabina e o pavimento maior que 5mm / 20mm (com inclinação)			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.11 Vazamento de óleo das máquinas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.1.12 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.2.1 Filtro de ar com excesso de sujeira			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.2.2 Ruídos anormais durante funcionamento dos condicionares			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.2.3 Aparelho subdimensionado			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.2.4 Ar condicionado não ajustado conforme a ABNT NBR 6401			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.2.5 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.3.1 Erros no dimensionamento / instalação do sistema			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.3.2 Falta de testes periódicos			( )	( )	( )	—	—	—	—	

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
7. EQUIPAMENTOS/MECANIZAÇÃO										
7.1 Elevadores 7.2 Climatização 7.3 Ventilação e Exaustão Mecânica 7.4 Motor Elétrico 7.5 Bomba Hidráulica	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
7.3.3 Aparelho subdimensionado			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.3.4 Falta de treinamento de operadores locais			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.3.5 Presença de contaminantes próximos às tomadas de ar			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.3.6 Falta de limpeza periódica dos filtros e caixas de gordura			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.3.7 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.4.1 Aquecimento excessivo do motor			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.4.2 Partidas demoradas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.4.3 Falha do funcionamento do quadro de comando elétrico			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.4.4 Degradação da fiação e dos isolantes elétricos			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.4.5 Local com excesso de poeiras			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.4.6 Ataques por vapores ácidos e corrosivos			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.4.7 Vazamentos de óleos e graxas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.4.8 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.5.1 Problemas de vedação			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.5.2 Perda de lubrificação			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.5.3 Materiais armazenados inadequadamente na casa de bomba			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.5.4 Óleo degradado/contaminado			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.5.5 Níveis de ruído/vibração muito alto			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.5.6 Vazamento na carcaça da bomba			( )	( )	( )	—	—	—	—	
7.5.7 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES													
8. SISTEMAS DE PREVENÇÃO DE COMBATE A INCÊNDIO PASSÍVEIS DE VERIFICAÇÃO VISUAL													
8.1 Extintores Automáticos	8.2 Hidrantes	8.3 Saída de Emergência	8.4 Chuveiros	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
						C	R	M	G	U	T	P	
8.1.1	Ausência/ inadequação do certificado de manutenção e validade dos extintores					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.1.2	Ausência/ inadequação do alvará anual emitido pelo CBM					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.1.3	Descarregados/prazos de validade vencidos					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.1.4	Lacre violado/vencido					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.1.5	Sem indicação da sua classe					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.1.6	Quadro de instruções ilegível ou inexistente					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.1.7	Quantidade insuficiente/instalados acima de 1,60m/abaixo de 0,20 m do piso acabado					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.1.8	Mangueira de descarga apresenta danos/deformação/ressecamento					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.1.9	Sinalização incorreta					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.1.10	Outro: _____					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.2.1	Falta de conservação e sinalização da bomba de incêndio					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.2.2	Dispositivo de comando da bomba quebrado/em mau estado de conservação					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.2.3	Mau estado de conservação das caixas de hidrantes					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.2.4	Mangueira do hidrante enrolada inadequadamente /furada/cortada/ ausente					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.2.5	Mangueira conectada					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.2.6	Ausência da mangueira					( )	( )	( )	___	___	___	___	
8.2.7	Ausência do esguicho					( )	( )	( )	___	___	___	___	

8.2.8	Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—							
8.3.1	Falta de sinalização das rotas de fuga e de emergência			( )	( )	( )	—	—	—	—							
<b>SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES</b>																	
<b>8. SISTEMAS DE PREVENÇÃO DE COMBATE A INCÊNDIO PASSÍVEIS DE VERIFICAÇÃO VISUAL</b>																	
<b>8.1</b>	<b>Extintores Automáticos</b>	<b>8.2</b>	<b>Hidrantes</b>	<b>8.3</b>	<b>Saída de Emergência</b>	<b>8.4</b>	<b>Chuveiros</b>	<b>SIM ou NÃO</b>	<b>Nº da FOTO</b>	<b>GRAU DE RISCO</b>			<b>MÉTODO GUT</b>				<b>OBSERVAÇÕES</b>
										<b>C</b>	<b>R</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>U</b>	<b>T</b>	<b>P</b>	
8.3.2	Portas obstruídas									( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.3.3	Portas corta-fogo em mau estado de funcionamento das fechaduras									( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.3.4	Portas corta-fogo abertas e travadas com objetos									( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.3.5	Falha de iluminação autônoma									( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.3.6	Portas que abrem para o interior do edifício									( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.3.7	Saídas com menos de 1,20m de largura									( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.3.8	Escada sem corrimão									( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.3.9	Outro: _____									( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.4.1	Detectores sujos/pintados									( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.4.2	Área de atuação prejudicada por obstáculos									( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.4.3	Materiais como fios e encanamentos amarrados nas tubulações do sistema									( )	( )	( )	—	—	—	—	
8.4.4	Outro: _____									( )	( )	( )	—	—	—	—	

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
9. SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS										
9.1 SPDA	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
9.1.1 Ausência do sistema (A>1500m² ou H>12m)			( )	( )	( )	—	—	—	—	
9.1.2 Queda de haste/antena			( )	( )	( )	—	—	—	—	
9.1.3 Corrosão em cabos/conexões/hastes			( )	( )	( )	—	—	—	—	
9.1.4 Descidas insuficientes (mínimo uma descida a cada 20 m de perímetro.)			( )	( )	( )	—	—	—	—	
9.1.5 Ausência de luz de topo na haste do SPDA			( )	( )	( )	—	—	—	—	
9.1.6 Seção dos cabos/fitas utilizados no subsistema de captação insuficiente (cobre: 35mm², aço galvanizado a quente ou aço cobreado: 50 mm², alumínio: 70 mm²)			( )	( )	( )	—	—	—	—	
9.1.7 Anéis intermediários de equipotencialização insuficientes (mínimo de um anel a cada 20 metros de altura)			( )	( )	( )	—	—	—	—	
9.1.8 Estruturas metálicas da cobertura não interligadas com o subsistema de captação do SPDA			( )	( )	( )	—	—	—	—	
9.1.9 Problemas na instalação dos cabos/fitas no perímetro da cobertura, analisando o subsistema de captação quando for tipo malha, enfatizando na localização dos elementos de captação em cantos, quinas, bordas e saliências.			( )	( )	( )	—	—	—	—	
9.1.10 Eletrodos de aterramento afastados menos de 1,0 m das paredes externas das edificações			( )	( )	( )	—	—	—	—	
9.1.11 Uso de material no subsistema de aterramento não permitido como o alumínio)			( )	( )	( )	—	—	—	—	
9.1.12 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	

SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
10. SISTEMAS DE ÁREAS DE LAZER										
10.1 Piscina 10.2 Playground 10.3 Quadra Esportiva 10.4 Brinquedoteca e Salão de Jogos	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
10.1.1 Falha na Impermeabilização			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.1.2 Falha no rejunte			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.1.3 Afundamento/trinca/descolamento/desgaste do revestimento/ piso			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.1.4 Equipamento de apoio: proteção com folga/solto/corrosão ou inexistente			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.1.5 Armazenamento de cloro em local não ventilado			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.1.6 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.2.1 Falha na estrutura			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.2.2 Afrouxamento/rompimento de pinos/porcas/ parafusos			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.2.3 Peças ausentes/dobradas/rompidas/afrouxadas e/ou ganchos gastos/corrosão			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.2.4 Arestas ou cantos vivos			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.2.5 Falta de lubrificação/emperreamento/movimento anormal			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.2.6 Barra de segurança/corrimão/barreira ausentes, rompidas ou frouxas.			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.2.7 Piso/degrau quebrado ou sem superfície antiderrapante			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.2.8 Problema de escoamento da água pluvial			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.2.9 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.3.1 Desgaste da pintura do piso			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.3.2 Corrosão da estrutura do alambrado de fechamento ou das cestas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.3.3 Piso com falha no caimento			( )	( )	( )	—	—	—	—	



SISTEMAS/ ELEMENTOS/ COMPONENTES										
10. SISTEMAS DE ÁREAS DE LAZER										
10.1 Piscina 10.2 Playground 10.3 Quadra Esportiva 10.4 Brinquedoteca e Salão de Jogos	SIM ou NÃO	Nº da FOTO	GRAU DE RISCO			MÉTODO GUT				OBSERVAÇÕES
			C	R	M	G	U	T	P	
10.3.4 Furos no piso para encaixe de postes sem tampas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.3.5 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.4.1 Tomadas baixas desprotegidas			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.4.2 Quinas vivas em paredes ou mobiliários			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.4.3 Piso desprotegido com emborrachamento danificado			( )	( )	( )	—	—	—	—	
10.4.4 Outro: _____			( )	( )	( )	—	—	—	—	

VERIFICAÇÃO DA MANUTENÇÃO			
Há plano de manutenção?	(    ) Sim                      (    ) Não		
Critérios	Grau de Atendimento		
	Superior	Regular	Inferior
Plano de manutenção coeso vinculado ao especificado pelos fabricantes, normativas e orientações técnicas			
Adaptação de rotinas e frequências dos serviços à idade das instalações, ao uso e exposição ambiental			
Condições mínimas essenciais de acesso aos equipamentos e sistemas, possibilitando a plena execução das atividades propostas no Plano de Manutenção			
Condições de segurança para o mantenedor e utentes do empreendimento, durante os serviços de manutenção			
Documentos relacionados com à manutenção			
Atendimento a NBR 5674 (ABNT, 2012)			
Observações: _____			
A manutenção:	(    ) Atende                      (    ) Atende Parcialmente                      (    ) Não Atende		
VERIFICAÇÃO DO USO			
Condições de uso da edificação coerentes com as estabelecidas em projeto?	(    ) Sim                      (    ) Não		
Observações: _____			
RECOMENDAÇÕES DE SUSTENTABILIDADE			
Medidores de consumo de água individuais	(    ) Sim                      (    ) Não		
Medidores de consumo de energia individuais	(    ) Sim                      (    ) Não		
Instalação de lâmpadas eficientes	(    ) Sim                      (    ) Não		
Coleta seletiva de lixo	(    ) Sim                      (    ) Não		
Treinamento dos funcionários e usuários para evitar desperdício e poluição	(    ) Sim                      (    ) Não		
Observações: _____			

RECOMENDAÇÕES GERAIS		
Situações de interdição parcial ou total de sistemas e da própria edificação	(    ) Sim	(    ) Não
Situações administrativas que envolvam interdições pelos órgãos públicos	(    ) Sim	(    ) Não
Falta de acessibilidade em determinados locais ou sistemas	(    ) Sim	(    ) Não
Existência de plano de manutenção	(    ) Sim	(    ) Não
Mudanças significativas no uso que causem deficiências futuras	(    ) Sim	(    ) Não
Periodicidade das inspeções prediais	(    ) Sim	(    ) Não
Observações: _____		

Fonte: CARVALHO; ALMEIDA (2017); VERZOLA; MARCHIORI

# LEVANTAMENTO DOS HANGARES DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA: ELABORAÇÃO DE ROTEIRO DE INSPEÇÃO

## SURVEY OF THE HANGARS OF THE INTERNATIONAL AIRPORT OF BRASILIA: ELABORATION OF INSPECTION ROADMAP

Bruno de Jesus Oliveira<sup>1</sup>  
William Oliveira Bessa

### RESUMO

O presente artigo realiza um levantamento técnico dos hangares do Aeroporto Internacional de Brasília, tais como sistema construtivo, tipo de uso, área construída e levanta uma questão muito importante sobre o estado de conservação das edificações e a importância de se elaborar um plano de manutenção para as edificações. Os hangares são estruturas que têm a função específica de manutenção das aeronaves, além do armazenamento e distribuição de correspondências e mercadorias. As edificações devem atender as características as quais foi projetada durante toda sua vida útil, ou seja, garantir desempenho satisfatório, nos aspectos funcional, arquitetônico e estrutural. Ao longo deste artigo existem dados e levantamentos fotográficos que comprovam o estado de conservação das edificações e quais foram as possíveis causas dos danos. Verificou – se ainda que não existe o acompanhamento de um responsável técnico, Engenheiro ou Arquiteto, que faça o acompanhamento do estado de conservação dos prédios. Além disso sugere a elaboração de um roteiro de inspeção específico para este tipo de edificação. Dessa forma, pode se perceber que é indispensável a realização de inspeções prediais por meio de um responsável técnico para a identificação do

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação Lato Sensu em Projeto, Execução e Manutenção de Edificações, sob orientação do Prof. William Oliveira Bessa. Banca realizada em 22/02/19, composta pelos professores-avaliadores Prof. Gabriela de Athayde Duboc Bahia e Prof. Gilson Ciarallo.

estado de conservação da edificação e auxílio na implantação de um plano de gestão de manutenção.

**Palavras-chave:** Hangares. Roteiro de Inspeção. Estruturas Metálicas.

## ABSTRACT

This article carries out a technical survey of the hangars of the Brasília International Airport, such as the construction system, type of use, built area and raises a very important question about the state of conservation of the buildings and the importance of elaborating a maintenance plan for the buildings. Hangars are structures that have the specific function of aircraft maintenance, as well as the storage and distribution of mail and goods. Buildings must meet the characteristics that have been designed throughout their useful life, ie to ensure satisfactory performance, in the functional, architectural and structural aspects. Throughout this article there are data and photographic surveys that prove the state of conservation of the buildings and what were the possible causes of damages. It was also verified that there is no accompaniment of a technician, Engineer or Architect, who monitors the state of conservation of the buildings. It also suggests the elaboration of a specific inspection route for this type of building. In this way, it can be seen that it is indispensable to carry out field inspections through a technical person responsible for the identification of the state of conservation of the building and assistance in the implementation of a maintenance management plan.

**Keywords:** Hangars. Script Inspection. Metallic structures.

## 1 INTRODUÇÃO

Os hangares do Aeroporto Internacional de Brasília, surgem com o início da construção da cidade em meados de 1957. Algumas dessas edificações possuem mais de 50 anos de existência. Predominantemente, os hangares são construídos em estruturas metálicas. Esse sistema construtivo permite se atingir grandes vãos com uma estrutura mais leve.

Um hangar é uma estrutura coberta livre que tem o objetivo de abrigar aeronaves, geralmente locadas em aeroportos, para manutenção de aeronaves, armazenamentos e operações de embarque e desembarque (Figuras 1 e 2).

Essas estruturas vêm sendo desenvolvidas e modernizadas de acordo com a evolução da indústria aeronáutica e o surgimento de novas tecnologias.

**Figura 1** - Foto hangares modernos

Fonte - Do autor

**Figura 2** - Planta baixa – Modelo de hangar

Fonte – Aeroporto Internacional de Brasília

Este trabalho tem como objetivo o levantamento técnico dos hangares do Aeroporto Internacional de Brasília, tais como sistema construtivo, tipo de uso, área construída e presença ou não de plano de manutenção, além da elaboração de um roteiro de inspeção específico para este tipo de edificação.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DA MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES NO BRASIL

No Brasil, o tema da manutenção de edificações ocupou historicamente pouco espaço na comunidade científica e acadêmica. Sempre foi discutido a construção de novas concepções estruturais, o sucesso dos grandes empreendimentos, a utilização de novos materiais na construção civil, crescimento e evolução dos novos projetos.

De acordo com (POSSAN, DEMOLINER, 2013) pode se verificar que em função do desenvolvimento dos materiais e sistemas construtivos as edificações vêm tomando formas cada vez mais esbeltas:

No entanto, com o passar do tempo, as edificações vêm sofrendo quanto à ausência de intervenções preventivas, com situações até mesmo de colapso parcial. Recentemente, tem se passado por várias dificuldades em relação a colapsos parciais de edifícios e viadutos nas grandes cidades.

No ano de 2018 ocorreram alguns acidentes relacionados a colapsos parciais de estruturas na cidade de Brasília, como verifica-se no artigo jornalístico abaixo:

BRASÍLIA — O Conselho Regional de Engenharia do Distrito Federal (Crea-DF) trata o desabamento de parte de um viaduto em Brasília, nesta terça-feira, como uma tragédia anunciada. A presidente do órgão, Fátima Có, afirmou que pedidos de vistorias no local foram ignorados pelas autoridades. Solicitamos diversas vistorias em áreas críticas do Plano Piloto, mas não fomos atendidos. E essa certamente era uma delas. As vistorias foram negligenciadas — critica Fátima. Os engenheiros do órgão estão no local do desmoronamento, uma movimentada via que cruza o plano piloto de Brasília, para fazer uma vistoria inicial e tentar descobrir as causas do desabamento. — Nesse caso, a estrutura está cheia de infiltrações visíveis. É uma estrutura antiga, que não passou pelas vistorias solicitadas. Podemos dizer que foi uma tragédia anunciada — completa a presidente do Crea.<sup>2</sup>

Pode-se constatar ainda, que em vários Aeroportos do país, frequentemente, estruturas de hangares entram em colapso por conta de ações do vento e das chuvas. Os mesmos podem estar relacionados a falta de manutenção que podem ocasionar na diminuição do desempenho das estruturas:

A equipe do Corpo de Bombeiros constatou que há risco de novos desabamentos no hangar de uma empresa de táxi aéreo, no Aeroporto Internacional Marechal Rondon, em Várzea Grande, na região metropolitana de Cuiabá, onde parte da estrutura metálica desabou durante forte chuva neste domingo (18). A estrutura cedeu por conta do temporal e caiu sobre três aeronaves que estavam no local. Os bombeiros isolaram o hangar até que a empresa verifique as condições de uso. Ao G1, o proprietário da empresa Hélio Vicente declarou que o estrago foi grande “O hangar ficou totalmente destruído, além de danos materiais em duas aeronaves. Já em outra aeronave, os danos foram mais graves” afirmou.<sup>3</sup>

Diante dessas ocorrências, as atenções da sociedade e do meio técnico (arquitetos e engenheiros) estão cada vez mais voltadas para o tema do desempenho das edificações e manutenção preventiva.

Conforme descrito por Neves (2009, p. 12):

<sup>2</sup> CAMPOREZ, Patrik; MARIZ, Renata. Queda de viaduto em Brasília é ‘tragédia anunciada’, diz Crea. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/queda-de-viaduto-em-brasilia-tragedia-anunciada-diz-crea-22370424>. Acesso em: 05 fev.2019.

<sup>3</sup> Do G1 MT. Bombeiros apontam novos riscos em hangar após cobertura cair em aviões. Disponível em: <http://g1.globo.com/mato-grosso/noticia/2012/11/bombeiros-apontam-novos-riscos-em-hagar-apos-cobertura-cair-em-avioes.html>. Acesso em: 05 fev. 2019.

A Inspeção Predial deve ser entendida como uma vistoria para avaliar os estados de conformidade de uma edificação, mediante aspectos de desempenho, vida útil, segurança, estado de conservação, manutenção, desempenho, exposição ambiental, utilização, operação, observando sempre às expectativas dos usuários.

De acordo com o documento de (CASTRO, 1999), ele aponta várias sugestões de laudos diagnósticos com base em casos específicos do tipo de proteção, da aplicação e do tempo estimado de cura.

Em setembro de 1999 foi lançada uma norma da ABNT NBR 5674 que passou por revisão em julho de 2012, em que define os procedimentos para elaboração do plano de manutenção das edificações:

A manutenção de edificações é um tema cuja importância tem crescido no setor da construção civil, superando, gradualmente, a cultura de se pensar o processo de construção limitado até o momento quando a edificação é entregue e entra em uso. As edificações são o suporte físico para a realização direta ou indireta de todas as atividades produtivas, e possuem, portanto, um valor social fundamental. Todavia, as edificações apresentam uma característica que as diferencia de outros produtos: elas são construídas para atender seus usuários durante muitos anos, e ao longo deste tempo de serviço devem apresentar condições adequadas ao uso que se destinam, resistindo aos agentes ambientais e de uso que alteram suas propriedades técnicas iniciais. É inviável sob o ponto de vista econômico e inaceitável sob o ponto de vista ambiental considerar as edificações como produtos descartáveis, passíveis da simples substituição por novas construções quando seu desempenho atinge níveis inferiores ao exigido pelos seus usuários. Isto exige que se tenha em conta a manutenção das edificações existentes, e mesmo as novas edificações construídas, tão logo colocadas em uso, agregam-se ao estoque de edificações a ser mantido em condições adequadas para atender as exigências dos seus usuários.

De acordo com a norma, estudos realizados em diversos países constataram que o custo de manutenção de uma edificação pode girar em torno de 1% a 2% do custo total de construção. Com o passar do tempo esse custo pode acumular-se ou até superar os custos iniciais de construção caso as manutenções não sejam realizadas.

A ausência de manutenção tem impactos direto no funcionamento das cidades e na qualidade de vida das pessoas. Ainda de acordo com a NBR 5674 (2012) deve ser entendido como um serviço técnico, cuja responsabilidade exige capacitação



apurada. A manutenção de uma edificação não pode acontecer de forma improvisada ou casual considerando o alto custo que ela pode representar caso não seja feita da forma adequada.

Para a realização da inspeção predial, de acordo com o IBAPE SP 2011, também deve ser definido o nível da inspeção pretendido pelo inspetor de acordo com a finalidade da mesma. Ela é dividida em três níveis, a saber:

Nível 1: Identificação de anomalias e falhas aparentes;

Nível 2: Identificação de anomalias e falhas através da utilização de equipamentos e/ou aparelhos, além da análise de documentos técnicos específicos, junto à complexidade dos sistemas construtivos existentes;

Nível 3: Além de seguir os parâmetros definidos no segundo nível, necessita auditoria técnica conjunta/isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, e orientar a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.

Outro parâmetro necessário é a definição do grau de risco. Este é definido considerando fatores de conservação, as rotinas de manutenção, os riscos à saúde, comprometimento da vida útil, a segurança e a funcionalidade.

Após a realização da vistoria e definição do grau de risco, os profissionais envolvidos podem tomar a decisão de quais são as prioridades a serem solucionadas. Outros parâmetros também estão envolvidos nesta tomada de decisão, tais como disponibilidade financeira, previsão de utilização do espaço, prazo de execução dos reparos e equipamentos necessários.

O grau de risco das edificações em geral é dividido em três níveis: crítico, regular e mínimo.

O grau crítico é quando a edificação já perdeu totalmente a sua função e pode causar danos a terceiros.

No grau regular começa-se a apresentar problemas, porém não é considerado tão sério, como o início de aparecimento de eflorescência cerâmica.

Já o grau mínimo pode ser um problema relacionado à estética da construção, sendo necessária intervenção à médio prazo.

A ordem de prioridade da solução das anomalias encontradas, de acordo com os critérios técnicos, deve ser disposta em ordem decrescente, dependendo do grau de risco e da intensidade das anomalias/falhas. Uma das formas de se definir essa prioridade é utilizando o método GUT, que define as anomalias de acordo com sua gravidade, tendência e urgência.

A gravidade é analisada considerando a intensidade/impacto do problema se não for solucionado, variando de 1 a 5 e seguindo o seguinte critério:

1. sem gravidade;
2. pouco grave;
3. grave;
4. muito grave;
5. extremamente grave.

A urgência considera o prazo para se resolver um determinado problema e segue o seguinte critério:

1. pode esperar;
2. pouco urgente;
3. urgente, merece atenção em curto prazo;
4. muito urgente;
5. necessidade de ação imediata.

A tendência representa a probabilidade do problema se tornar maior com o passar do tempo e segue o seguinte critério:

1. não irá mudar;
2. irá piorar a longo prazo;
3. irá piorar a médio prazo;

4. irá piorar a curto prazo;
5. irá piorar rapidamente.

### 3 PROCEDIMENTOS PARA REALIZAÇÃO DAS VISTORIAS

Para a realização das vistorias nos hangares foram adotados os seguintes procedimentos, tomando como referência a norma de inspeção predial nacional do IBAPE NACIONAL (2012) e do IBAPE-SP (2011):

- Entrevista inicial com responsável pelo hangar
- Levantamento de toda documentação necessária para realização da inspeção predial;
  - Projetos;
  - Documentos técnicos;
  - Notas fiscais de serviços realizados;
  - Memorial descritivo de projeto;
  - Outros;
- Nova entrevista com o responsável pelo hangar, para alinhar as informações com a documentação obtida;
- Determinação do nível da inspeção de acordo com norma IBAPE;
- Análise de toda documentação técnica e administrativa para elaborar um check list personalizado;
- Levantamento fotográfico das anomalias encontradas;
- Identificação e classificação das anomalias e falhas encontradas – Metodologia GUT – Grau, Urgência e Tendência;
- Determinação do nível de complexidade da inspeção – Conforme norma IBAPE;
- Definição de prioridades técnicas, definidas na metodologia GUT;

- Orientação técnica sobre as anomalias encontradas – Consultar responsável técnico.

## 4 HANGARES DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA

### 4.1 Histórico

Os hangares sempre tiveram uma grande importância para aviação em geral. Nesses grandes espaços cobertos são realizadas a construção e manutenção das aeronaves, além do armazenamento e distribuição de correspondências e mercadorias. Correspondem a estruturas de apoio fundamentais para o bom funcionamento do aeroporto, localizados em um setor específico dentro do sítio.

O Aeroporto Internacional de Brasília Presidente Juscelino Kubitschek foi construído em meados de 1956, junto com a construção da nova capital do Brasil, Brasília (Figura 3).

**Figura 3** – Construção do aeroporto de Brasília (1956)



Fonte - Arquivo Público de Brasília

O aeroporto está localizado no centro do Brasil e em ponto estratégico em relação a América do sul. Atualmente proporciona uma grande movimentação de cargas e passageiros. Segundo a Inframerica, administradora atual do Aeroporto Internacional de Brasília, cerca de 44% do fluxo de passageiros dentro dos terminais estão em conexão. Com relação ao setor de hangares a tendência é que ele se

expanda nos próximos anos para atender a demanda crescente de transporte e armazenamento.

O Aeroporto Internacional de Brasília é formado por um conjunto de terminal de passageiros, pátios de aeronaves, 2 pistas de pouso e decolagem, setor de hangares e terrenos de desenvolvimento imobiliário. As áreas são classificadas como, Lado AR, ou seja, tudo que é voltado para operação do aeroporto, área controladas e de acesso restrito e áreas Lado Terra, ou seja, áreas públicas destinadas a exploração comercial, de uso público e administrativo. A área total do sítio do Aeroporto Internacional de Brasília é aproximadamente 1.000.000m<sup>2</sup> de superfície.

O setor de hangares surge em meados de 1975 quando da inauguração do terminal de cargas. Atualmente, constitui-se de um conjunto de 23 hangares com cerca de 340.000,00 m<sup>2</sup> de área considerando pátio de manobras e pistas de taxi (Figura 4).

**Figura 4** - Mapa de situação – Setor Hangares – Aeroporto Internacional de Brasília



Fonte - Google Earth (2018).

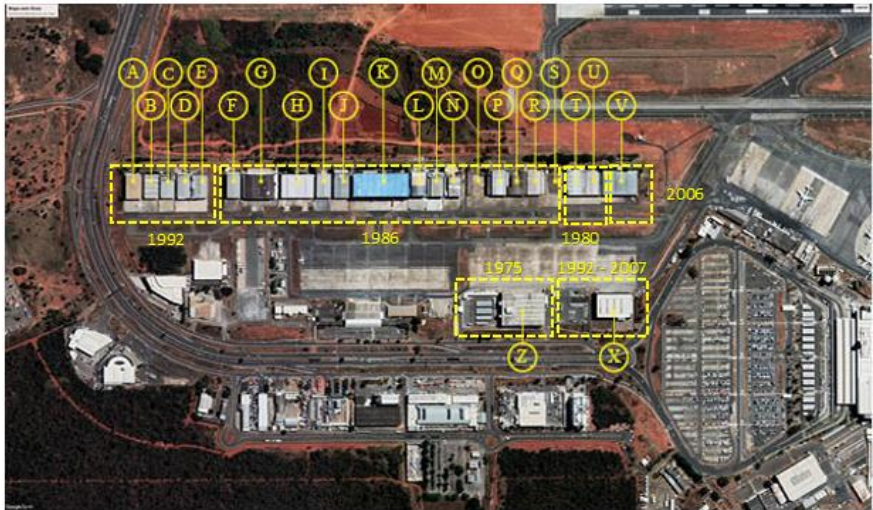
## 4.2 Levantamento dos hangares

O autor realizou um levantamento preliminar de dados e manifestações patológicas predominantes dos hangares. Ainda foram realizadas entrevistas com os responsáveis de algumas das empresas.

De modo a preservar o sigilo das empresas que hoje ocupam os hangares, serão citadas apenas informações básicas para análise das manifestações patológicas encontradas e possíveis graus de risco quando ao funcionamento dos sistemas.

Segue na Figura 5 o mapa de locação dos hangares e levantamento básico (Quadro 1).

**Figura 5** - Locação dos hangares no Aeroporto Internacional de Brasília



Fonte - Google Earth (2018).

**Quadro 1:** levantamento dos hangares do Aeroporto Internacional de Brasília – fonte Google Earth (2018).

**HANGAR A**



Intervalo de construção: entre 1992 à 2007;  
Área: 1.700m<sup>2</sup>;  
Sistem a construtivo: Aço;

Tipo de uso: Garagem aeronaves executivas/ helicópteros e m anutenção;

Plano de m anutenção: Desconhecido;  
Projetos originais: Não encontrados;  
Realiza m anutenções periódicas: Sim ;

**HANGAR B**



Intervalo de construção: entre 1992 à 2007;  
Área: 1.700m<sup>2</sup>;  
Sistem a construtivo: Aço;

Tipo de uso: Garagem aeronaves executivas/ helicópteros e m anutenção;

Plano de m anutenção: Desconhecido;  
Projetos originais: Não encontrado;  
Realiza m anutenções periódicas: Sim ;

**HANGAR C**



Intervalo de construção: entre 1992 à 2007;  
Área: 1.700m<sup>2</sup>;  
Sistem a construtivo: Aço;

Tipo de uso: Garagem aeronaves executivas/ helicópteros e m anutenção;

Plano de m anutenção: Desconhecido;  
Projetos originais: Não encontrado;  
Realiza m anutenções periódicas: Sim ;

**HANGAR D**



Intervalo de construção: entre 1992 à 2007;  
Área: 1.700m<sup>2</sup>;  
Sistem a construtivo: Aço;

Tipo de uso: Garagem aeronaves executivas/ helicópteros e m anutenção;

Plano de m anutenção: Desconhecido;  
Projetos originais: Não encontrado;  
Realiza m anutenções periódicas: Sim ;



**HANGAR E**



Intervalo de construção: entre 1992 à 2007;  
Área: 1.700m<sup>2</sup>;  
Sistema construtivo: Aço;

Tipo de uso: Garagem aeronaves executivas/ helicópteros e manutenção;

Plano de manutenção: Desconhecido;  
Projetos originais: Não encontrado;  
Realiza manutenções periódicas: Não informado;

**HANGAR F**



Intervalo de construção: 1992;  
Área: 1.700m<sup>2</sup>;  
Sistema construtivo: Aço;

Tipo de uso: Desocupado

Plano de manutenção: Desconhecido;  
Projetos originais: Não encontrado;  
Realiza manutenções periódicas: Sim ;

**HANGAR G**



Intervalo de construção: 1986;  
Área: 1.700m<sup>2</sup>;  
Sistema construtivo: Misto - Pilares de concreto e cobertura metálica;  
Tipo de uso: Garagem aeronaves executivas/ helicópteros e manutenção;

Plano de manutenção: Desconhecido;  
Projetos originais: Não encontrado;  
Realiza manutenções periódicas: Sim ;

**HANGAR H**



Intervalo de construção: 1986;  
Área: 3.400m<sup>2</sup>;  
Sistema construtivo: Misto - Pilares de concreto e cobertura metálica;  
Tipo de uso: Desocupado

Plano de manutenção: Desconhecido;  
Projetos originais: Não encontrado;  
Realiza manutenções periódicas: Não informado;



**HANGAR I**



Intervalo de construção: 1986;  
Área: 1.700m<sup>2</sup>;  
Sistem a construtivo: Misto - Pilares de concreto e cobertura m etálica;  
Tipo de uso: Garagem de veículos;

Plano de m anutenção: Desconhecido;  
Projetos originais: Não encontrado;  
Realiza m anutenções periódicas: Não inform ado;

**HANGAR J**



Intervalo de construção: 1986;  
Área: 1.700m<sup>2</sup>;  
Sistem a construtivo: Misto - Pilares de concreto e cobertura m etálica;  
Tipo de uso: Garagem aeronaves executivas/ helicópteros e m anutenção;

Plano de m anutenção: Desconhecido;  
Projetos originais: Não encontrado;  
Realiza m anutenções periódicas: Não inform ado;

**HANGAR K**



Intervalo de construção: 1986;  
Área: 6.000m<sup>2</sup>;  
Sistem a construtivo: Misto - Pilares de concreto e cobertura m etálica;  
Tipo de uso: Manutenção de aeronaves dom ésticas;

Plano de m anutenção: Desconhecido;  
Projetos originais: Não encontrado;  
Realiza m anutenções periódicas: Não inform ado;

**HANGAR L**



Intervalo de construção: 1986;  
Área: 1.700m<sup>2</sup>;  
Sistem a construtivo: Misto - Pilares de concreto e cobertura m etálica;  
Tipo de uso: Garagem de aeronaves de uso próprio;

Plano de m anutenção: Desconhecido;  
Projetos originais: Não encontrado;  
Realiza m anutenções periódicas: Sim ;

## HANGAR M



Intervalo de construção: 1986;

Área: 1.700m<sup>2</sup>;

Sistema construtivo: Aço

Tipo de uso: Garagem de aeronaves de uso próprio;

Plano de manutenção: Desconhecido;

Projetos originais: Sim ;

Realiza manutenções periódicas: Não informado;

## HANGAR N



Intervalo de construção: 1986;

Área: 1.700m<sup>2</sup>;

Sistema construtivo: Aço

Tipo de uso: Garagem de aeronaves de uso próprio;

Plano de manutenção: Desconhecido;

Projetos originais: Não encontrado;

Realiza manutenções periódicas: Sim ;

## HANGAR O - Edificação



Intervalo de construção: 1986;

Área: 1.700m<sup>2</sup>;

Sistema construtivo: Concreto e alvenaria;

Tipo de uso: Manutenção de aeronaves - área descoberta;

Plano de manutenção: Desconhecido;

Projetos originais: Não encontrado;

Realiza manutenções periódicas: Não informado;

## HANGAR P



Intervalo de construção: 1986;

Área: 1.700m<sup>2</sup>;

Sistema construtivo: Concreto e aço.

Tipo de uso: Desocupado

Plano de manutenção: Desconhecido;

Projetos originais: Não encontrado;

Realiza manutenções periódicas: Não informado;

HANGAR Q



Intervalo de construção: 1986;

Área: 1.700m<sup>2</sup>;

Sistem a construtivo: Misto - Pilares de concreto e cobertura m etálica;

Tipo de uso: Manutenção de aeronaves – Garagem de aeronaves executivas e helicópteros;

Plano de m anutenção: Desconhecido;

Projetos originais: Não encontrado;

Realiza m anutenções periódicas: Não inform ado;

HANGAR R



Intervalo de construção: 1986;

Área: 1.700m<sup>2</sup>;

Sistem a construtivo: Misto - Pilares de concreto e cobertura m etálica;

Tipo de uso: Manutenção de aeronaves – Garagem de aeronaves executivas e helicópteros;

Plano de m anutenção: Desconhecido;

Projetos originais: Não encontrado;

Realiza m anutenções periódicas: Não inform ado;

HANGAR S - Terreno vazio



Intervalo de construção: Sem construção;

Área: 1.700m<sup>2</sup>;

Sistem a construtivo: Inexiste - Apenas pavim entação em blocos intertravados;

Tipo de uso: Pátio de m anutenção descoberto;

Plano de m anutenção: Desconhecido;

Projetos originais: Não encontrado;

Realiza m anutenções periódicas: Não inform ado;

HANGAR T



Intervalo de construção: 1980;

Área: 1.700m<sup>2</sup>;

Sistem a construtivo: Misto - Pilares de concreto e cobertura m etálica;

Tipo de uso: Manutenção de aeronaves – Garagem de aeronaves executivas e helicópteros;

Plano de m anutenção: Desconhecido;

Projetos originais: Não encontrado;

Realiza m anutenções periódicas: Sim ;



**HANGAR U**



Intervalo de construção: 1980;
Área: 1.700m <sup>2</sup> ;
Sistem a construtivo: Misto - Pilares de concreto e cobertura metálica;
Tipo de uso: Manutenção de aeronaves – Garagem de aeronaves executivas e helicópteros;
Plano de m anutenção: Desconhecido;
Projetos originais: Não encontrado;
Realiza m anutenções periódicas: Sim ;

**HANGAR V**



Intervalo de construção: 2003;
Área: 4.000m <sup>2</sup> ;
Sistem a construtivo: Misto - Aço e concreto;
Tipo de uso: Garagem e Manutenção de aeronaves e helicópteros próprios
Plano de m anutenção: Desconhecido;
Projetos originais: Sim ;
Realiza m anutenções periódicas: Sim ;

**HANGAR X**



Intervalo de construção: 1992 - 2007;
Área: 4.400m <sup>2</sup> ;
Sistem a construtivo: Misto - Aço e concreto;
Tipo de uso: Term inal de cargas e distribuição;
Plano de m anutenção: Desconhecido;
Projetos originais: Não encontrado;
Realiza m anutenções periódicas: Sim ;

**HANGAR Z**

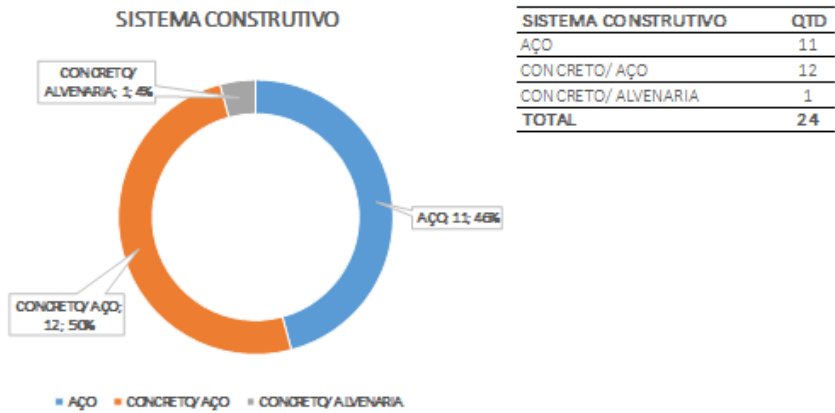


Intervalo de construção: 1975;
Área: 6.400m <sup>2</sup> ;
Sistem a construtivo: Misto - Aço e concreto;
Tipo de uso: Garagem e Manutenção de aeronaves domésticas – com panhia aérea;
Plano de m anutenção: Desconhecido;
Projetos originais: Não encontrado;
Realiza m anutenções periódicas: Não inform ado;

### 4.2.1 Análise dos dados coletados

De acordo com o levantamento, os principais sistemas construtivos observados são metálicos, misto aço-concreto e alvenaria. Predominantemente o material do sistema estrutural das coberturas é o aço (Gráfico 1).

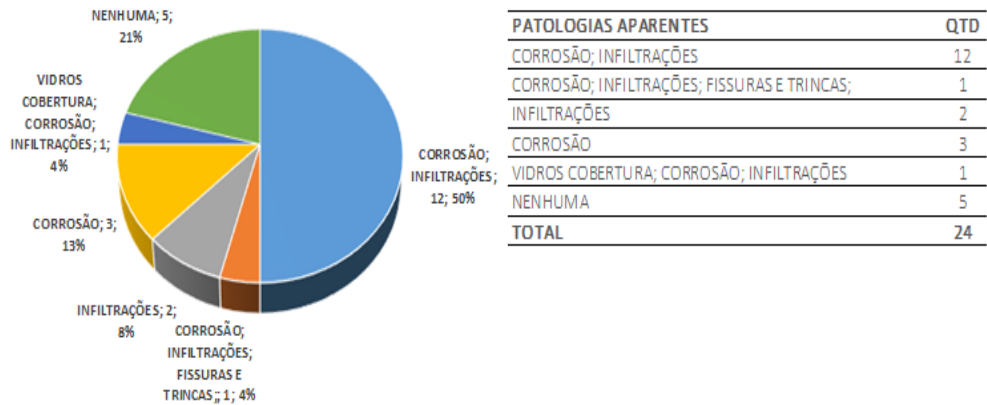
Gráfico 1 – Levantamento dos materiais dos sistemas construtivos



Fonte - Do autor

As manifestações patológicas predominantes encontradas são infiltrações na cobertura, sistemas de captação de águas pluviais, corrosão das estruturas metálicas e componentes metálicos (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Manifestações patológicas predominantes aparentes



Fonte - Do autor

Por meio do levantamento realizado, observou-se que nenhum dos hangares do Aeroporto Internacional de Brasília possuem plano de manutenção elaborado por um responsável técnico.

### 4.3 Levantamento de custos de manutenção

As empresas que hoje destinam recursos financeiros para manutenção o fazem com periodicidade anual, com base na programação estimada pelas equipes financeiras de cada hangar. As prioridades de manutenção são definidas sem levar em consideração critérios técnicos.

O custo médio de construção de uma estrutura metálica por hangar pode variar de R\$500/m<sup>2</sup> a R\$1000/m<sup>2</sup> conforme dados de mercado no ano de 2018.

Considerando que um dos hangares analisados possui 3.500m<sup>2</sup> de área coberta valor de construção pode chegar a R\$3.500.000,00, somando se a um valor estimado de fundação, pavimentação e instalações.

A Tabela 1 apresenta o mapeamento anual dos investimentos realizados em manutenção no Hangar “T”.

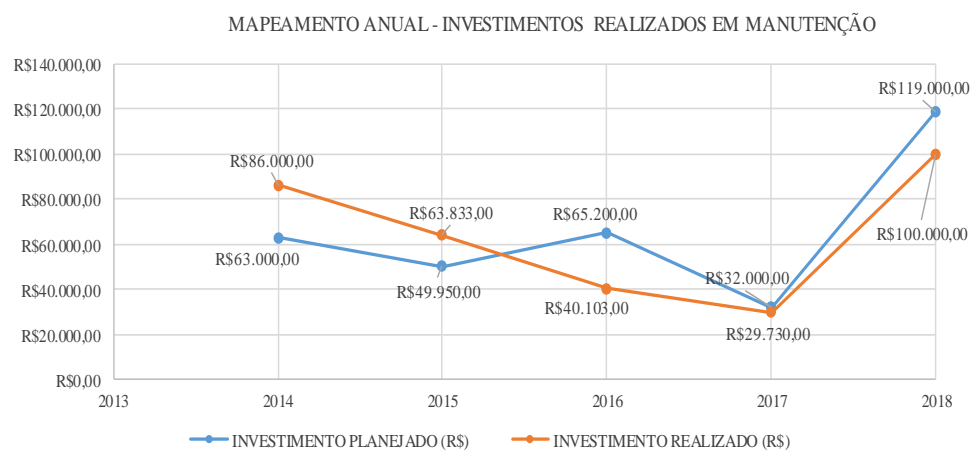
Tabela 1 - Mapeamento anual do investimento em manutenção - Hangar T

MAPEAMENTO ANUAL DOS INVESTIMENTOS REALIZADOS EM MANUTENÇÃO			
ANO	INVESTIMENTO PLANEJADO (R\$)	INVESTIMENTO REALIZADO (R\$)	ATIVIDADES PRINCIPAIS REALIZADAS
2014	R\$63.000,00	R\$86.000,00	Pintura da estrutura metálica - Cobertura, outros.
2015	R\$49.950,00	R\$63.833,00	Reforma dos banheiros e vestiários, outros.
2016	R\$65.200,00	R\$40.103,00	Reparo e substituição dos portões de fechamentos dos hangares, outros.
2017	R\$32.000,00	R\$29.730,00	Pequenos reparos elétricos e substituição das lâmpadas por LED.
2018	R\$119.000,00	R\$100.000,00	Reforma da estufa de pintura das aeronaves e oficina de manutenção.

Fonte - Do autor

O gráfico 3 ilustra o comparativo dos investimentos em manutenção planejados e realizados entre os anos de 2014 e 2018 no Hangar “T”.

Gráfico 3 - Mapeamento anual dos investimentos em manutenção no Hangar “T”



Fonte - Do autor

Levando em consideração os custos destinados no Hangar “T”, observa-se que a proporção investida em manutenção varia de 1% a 3,4%. A NBR 5674 (2012) – Manutenção de Edificações: Procedimento, aponta que os custos anuais de manutenção de uma edificação em uso devem variar de 1% a 2% do seu custo inicial.

Do levantamento realizado observou-se que alguns hangares nunca foram inspecionados com o objetivo específico de caracterização das condições estruturais e conservação da edificação.

## **5 PROPOSTA DE ROTEIRO DE VISTORIA**

Como resultados das inspeções realizadas, verificou-se que atualmente não existe um plano de manutenção técnico para todos os hangares do Aeroporto de Brasília.

Um dos objetivos deste trabalho é fornecer um plano de vistoria específico para hangares de aviação, como subsídio da etapa posterior que consiste na elaboração de um plano de manutenção, que deve ser realizado por profissional qualificado com base nas inspeções e bibliografia técnica pertinente.

O plano de manutenção é um documento que orienta profissionais e usuários quanto ao seu funcionamento, estado de conservação dos sistemas, registro de manutenções feitas, datas marco, garantias e procedimentos.

A Tabela 2 apresenta uma lista de sistemas básicos a serem avaliados em hangares de aviação. Na Tabela 3 tem-se uma proposta de identificação das manifestações patológicas e classificação do grau de risco conforme o método GUT.



**Tabela 2:** Proposta de sistemas a serem inspecionados

QUADRO 2 - CHECK LIST DOS SISTEMAS A SEREM INSPECIONADOS - HANGARES			
Descrição	Ruim	Médio	Bom
Estrutura			
Cobertura			
Testeitas			
Sistemas de captação água pluvial			
Instalações elétricas			
Instalações de água			
Instalações de esgoto			
Pisos			
Revestimentos			
Portas			
Janelas			
Impermeabilização			
Sistemas de vedação			
Sistemas mecânicos			
Limpeza			
Pinturas			
Fachadas			
Acessibilidade			
Fonte: IBAPE NACIONAL (2012), adaptado pelo autor			

**Tabela 3:** Identificação das manifestações patológicas e classificação do grau de risco – Método GUT

Local:			Sistema		
Data:			Subsistema		
Foto			Descrição:		
			Grau de Risco		
			Crítico	Regular	Mínimo
Classificação de riscos					
G	U	T	Prioridade (x)	Prioridade (+)	
Local:			Sistema		
Data:			Subsistema		
Foto			Descrição:		
			Grau de Risco		
			Crítico	Regular	Mínimo
Classificação de riscos					
G	U	T	Prioridade (x)	Prioridade (+)	

Fonte: Próprio autor

De modo a orientar os administradores dos hangares, foi gerado um “Check-list” preliminar baseado na norma de Inspeção Predial Nacional do IBAPE NACIONAL 2012 e IBAPE-SP 2011 que orienta a inspeção em edificações – Tabelas 4 e 5.

Este documento tem o objetivo de levantar dados preliminares do hangar, de forma a subsidiar as ações posteriores elaboração do plano de vistoria e plano de manutenção.

**Tabela 4:** Levantamento preliminar – dados principais

LEVANTAMENTO PRELIMINAR - DADOS PRINCIPAIS			
Descrição			
Local			
Data			
Responsável Técnico			
Tipo de edificação			
Nível de inspeção		Nível 1( )	Nível 2( ) Nível 3( )
Fonte: Próprio autor			

**Tabela 5:** Levantamento preliminar – documentação administrativa

LEVANTAMENTO PRELIMINAR - DOCUMENTAÇÃO ADMINISTRATIVA		
Descrição	Sim	Não
Projetos de Arquitetura e Complementares		
Notas fiscais - Serviços realizados		
IPTU		
Certificado de manutenção – ficha de cadastro de manutenção (FICAM)		
Auto de vistoria do corpo de bombeiros		
Alvará de funcionamento		
Certificado de Manutenção do Sistema de Segurança		
Certificado de Treinamento de Brigada de Incêndio		
Licença de Funcionamento CETESB ou Órgão Estadual Competente		
Fonte: IBAPE NACIONAL (2012), adaptado pelo autor		

Nas vistorias realizadas, observou-se que grande parte das manifestações patológicas estão relacionadas a infiltrações de águas das chuvas, agentes agressivos, como o CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) emitido pela queima dos combustíveis das aeronaves, o tipo de proteção aplicado sobre as estruturas metálicas e ausência de medidas preventivas (manutenção) – Apêndice A.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os hangares do Aeroporto Internacional de Brasília são constituídos basicamente de sistemas construtivos metálicos, misto aço-concreto e alvenaria. Entretanto, algumas estruturas nunca foram inspecionadas com o objetivo de caracterizar as condições estruturais e de conservação.

Mesmo os hangares que possuem manutenções prediais regulares, os mesmos são realizados de forma aleatória e sem critérios técnicos. Pode ser perceber que existem muitas estruturas em estado de corrosão avançado e a existência de uma série de infiltrações em alguns hangares.

As inspeções e manutenções prediais permitem a preservação das edificações em geral e na racionalização dos gastos com as intervenções a serem realizadas, desde que sejam realizados observando critérios técnicos.

O levantamento realizado neste trabalho permitiu a elaboração de um roteiro de inspeção direcionado, que englobe as características específicas para as edificações do tipo hangares.

Por fim, a obtenção precisa dos dados preliminares da edificação, bem como a identificação e caracterização das manifestações patológicas por meio das inspeções técnicas, permitem a posterior elaboração de um plano de manutenção de forma a preservar as características e vida útil da edificação.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674: Manutenção de Edificações - Procedimento. 2012. 25 p.

CASTRO, E.M.C.D., Patologia dos edifícios em estrutura metálica. 1999.  
Disponível em: <http://200.239.128.16/handle/123456789/6247>. Acesso em 17 jan. 2019.

CAU/BR. Norma de Desempenho da ABNT: garantia de qualidade em obras de casas e apartamentos: Nova regra fornece critérios mínimos de qualidade e segurança e divide responsabilidades entre projetistas, construtores e moradores. 2013. Disponível em: <http://www.caubr.gov.br/mudancasnormadesempenho/>. Acesso em: 17 jan. 2019.

CAMPOREZ. Patrik; MARIZ. Renata. Queda de viaduto em Brasília é ‘tragédia anunciada’, diz Crea. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/queda-de-viaduto-em-brasilia-tragedia-anunciada-diz-crea-22370424>. Acesso em: 05 fev. 2019.

G1. Bombeiros apontam novos riscos em hangar após cobertura cair em aviões. Disponível em: <http://g1.globo.com/mato-grosso/noticia/2012/11/bombeiros-apontam-novos-riscos-em-hagar-apos-cobertura-cair-em-avioes.html>. Acesso em: 05 fev. 2019.

IBAPE/NACIONAL – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia – **Norma de Inspeção Predial, 2012.**

IBAPE/SP – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo – **Norma de Inspeção Predial, 2011.**

NEVES, Daniel Rodrigues Rezende; BRANCO, Luiz Antônio M. N. Estratégia de Inspeção Predial. **Construindo, v.1, n.2, p.12-19, 2009.** Disponível em: <http://fumec.br/revistas/construindo/article/view/1733/1103>. Acesso em: 17 jan. 2019.

POSSAN, Edna; DEMOLINER, Carlos Alberto. Desempenho, Durabilidade e Vida Útil das Edificações: Abordagem Geral. **Revista Técnico – Científica do CREA-PR, v.1, n.1, 2013.** Disponível em: <http://creaprw16.creaprw.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/view/14> >. Acesso em: 20 dez. 2018.

## APÊNDICE A – REGISTRO FOTOGRÁFICO DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS



Imagem 1: Corrosão uniforme nos perfis metálicos – treliça de cobertura.



Imagem 2: Aresta do pilar de concreto sem cobrimento – armadura exposta à corrosão.



Imagem 3: Corrosão uniforme nos perfis metálicos da treliça de cobertura – ausência de sistema de proteção.



Imagem 4: Corrosão nos rufos da cobertura.



Imagem 5: Infiltração pela laje de cobertura e corrosão de perfis metálicos e armaduras.



Imagem 6: Corrosão de perfis metálicos.



Imagem 7: Corrosão nas junções das telhas metálicas.



Imagem 8: Corrosão de vários elementos metálicos na cobertura.



Imagem 9: Corrosão uniforme em diagonais metálicas – estrutura de cobertura.



Imagem 10: Corrosão uniforme em barras horizontais metálicas do conjunto estrutural – estrutura de cobertura.



APÊNDICE B – PREENCHIMENTO DAS TABELAS 3 E 4 COM BASE NAS  
INFORMAÇÕES COLETADAS DO HANGAR “T”

Tabela 3: Proposta de sistemas a serem inspecionados.


SISTEMAS A SEREM INSPECIONADOS - HANGARES				
Descrição	Ruim	Médio	Bom	Observações
Estrutura	-	-	X	Aparentemente está bem. Recomenda-se recuperação da proteção.
Cobertura	-	X	-	As junções ente telhas constam ponsto de ferrugem.
Testeitas	-	X	-	As substruturas estão com pontos de corrosão. Verificar
Sistemas de captação água pluvial	X	-	-	Calhas, rufos e descidas de águas pluvial com corrosão em estado avançado.
Instalações elétricas	X	-	-	As instalações precisam ser modernizadas. Possuem a idade de construção da edificação.
Instalações de água	-	X	-	Na parte dos sanitários foram recentemente substituídas.
Instalações de esgoto	-	X	-	Na parte dos sanitários foram recentemente substituídas.
Pisos	-	-	X	Estão em ótimo estado.
Revestimentos	-	-	X	Na parte dos sanitários foram recentemente substituídas.
Portas e Portões	-	X	-	Atentar-se para a manutenção anual dos portões de acesso aos hangares.
Janelas	-	X	-	-
Impermeabilização	X	-	-	Verificar o tempo de vida útil. Existem vários pontos de infiltração.
Sistemas de vedação	-	X	-	Verificar tempo de vida útil.
Sistemas mecânicos	-	X	-	Atentar-se para a manutenção anual dos equipamentos e sistemas.
Limpeza	-	-	X	Hangar sempre limpo. Perfeito estado e limpeza adequada.
Pinturas	-	X	-	Atentar-se para a manutenção anual das pinturas de acordo com manual doos fabricantes.
Fachadas	-	X	-	Verificar pontos de infiltração e recuperar pinturas e esquadrias.
Acessibilidade	X	-	-	O prédio precisa ser adequado de acordo com a norma de acessibilidade NBR 9050
Fonte: IBAPE NACIONAL (2012), adaptado pelo autor				

Observação:

Salienta-se que os dados levantados acima foram baseados em uma inspeção visual, devido a ausencia de informações tecnicas e dados necessários para uma análise mais precisa, fazendo – se necessário um levantamento mais apurado.



**Tabela 4:** Identificação das manifestações patológicas e classificação do grau de risco – Método GUT

Local:	Aeroporto BSB	Sistema	COBERTURA		
Data:	07/dez/19	Subsistema	TESTEIRAS DA FACHADA		
		Descrição: Corrosão da subestrutura das testeiras. Recomenda-se analisar o nível de corrosão e proceder com as correções necessárias.			
		Grau de Risco			
		Crítico	Regular	Mínimo	
			X		
Classificação de riscos					
G	U	T	Prioridade (x)	Prioridade (+)	TOTAL
2	2	3	12	7	19

Local:	Aeroporto BSB	Sistema	COBERTURA		
Data:	07/dez/19	Subsistema	TELHAS		
		Descrição: Infiltrações na laje e paredes da torre de controle do hangar.			
		Grau de Risco			
		Crítico	Regular	Mínimo	
			X		
Classificação de riscos					
G	U	T	Prioridade (x)	Prioridade (+)	TOTAL
3	3	3	27	9	36

# MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAREDES DE ALVENARIA: CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DE FISSURAS EM FACHADAS DE EDIFICAÇÕES

Paulo Maurício Pinheiro<sup>1</sup>  
Nielsen José Dias Alves

## RESUMO

Neste artigo, analisa-se a degradação dos revestimentos nas paredes de alvenaria em fachadas de edificações. As anomalias encontradas nestas partes são normalmente fissuras, que são provenientes de vários motivos. É imprescindível que o responsável pela construção conheça as causas e consequências das deformações patológicas para que possa preveni-las ou saber proceder nas restaurações. Assim, este trabalho tem por objetivo apresentar as causas possíveis que geram estas anomalias nas fachadas. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica, levantando as causas das fissuras e identificando seus efeitos. Com o propósito de demonstrar o exposto foi apresentado um estudo de caso num edifício localizado na cidade de Taguatinga, no Distrito Federal, construído em 1975 e que não havia sofrido nenhuma reforma. O estudo permitiu compreender que há diversas causas para as manifestações patológicas numa edificação, tanto as de ordem técnica (falhas humanas) ou materiais (qualidade e adequabilidade) quanto as de ordem natural por meio dos fenômenos da natureza (variações do clima, da temperatura, terremotos, chuvas, ventos etc.). Chegou-se à conclusão de que, independentemente da causa, o importante é a prevenção na hora de executar o projeto construtivo e uma efetiva manutenção durante a vida útil do imóvel. Concluiu-se também que os profissionais da construção devem investir em capacitação para acompanhar a evolução tecnológica dos materiais e das inovações das técnicas de construção atuais. A edificação analisada chegou ao estágio precário de conservação porque já havia mais de quarenta anos sem nenhum registro de manutenção no reboco das fachadas.

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UnICEUB) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Projeto, Execução e Manutenção de Edificações, sob orientação do Prof. Nielsen

**Palavras-chave:** Manifestação patológica. Fissuras. Fachadas de edificação.

## 1 INTRODUÇÃO

As fachadas, nos últimos anos, estão cada vez mais ocupando a atenção de engenheiros e arquitetos em seus projetos de construção, inclusive já existem profissionais especializados somente em fachadas. Requisitos como segurança, durabilidade, estética e desempenho térmico são alguns dos fatores que justificam a preocupação crescente com as fachadas prediais. Isto se soma ao fato de ser a fachada a primeira impressão que um observador tem antes de entrar numa edificação acabada. Independentemente do estilo (suntuoso, clássico, imponente, moderno, elegante ou futurista) as fachadas têm a capacidade de interagir e influenciar o espaço urbano ao seu redor, harmonizando e integrando a paisagem das cidades (OLIVEIRA, 2013).

Além disso, as fachadas constituem um dos principais subsistemas da construção, por que funcionam como divisórias entre os ambientes interno e externo, estando sujeitas às condições variáveis do tempo, do clima e outras intempéries. Contudo, muitas vezes acontece de, no empreendimento, os responsáveis enfatizarem mais a estética das fachadas e menos os aspectos de estrutura, manutenção e funcionalidade, o que não atende aos requisitos de segurança de uma construção.

As fachadas se destinam a suportar as ofensivas da natureza, os impactos inerentes às ações endógenas e exógenas que atuam sobre a edificação, e por isso devem estar bem projetadas e edificadas com os materiais adequados, que combinem as necessidades de segurança, funcionalidade e também a estética. Quando isto não ocorre, há alta probabilidade de aparecerem precocemente as manifestações patológicas, gerando gastos com a recuperação estrutural, encarecendo o custo de manutenção do empreendimento.

De acordo com Silva (2014), as edificações brasileiras têm sido empreendidas nos últimos anos com grande perspectiva de durabilidade, e esta esperança decorre dos avanços tecnológicos que têm surgido na área de materiais de construção, que oferece mais opções aos profissionais da construção civil. Por outro lado, a

comunidade científica se debruça a encontrar formas de evitar a incidência de manifestações patológicas precoces em edifícios relativamente novos. Desta forma, conhecer as manifestações patológicas típicas das fachadas proporciona ótimas informações que podem ajudar na projeção, execução, manutenção e prevenção dessas deformidades, sem prescindir dos aspectos de estética, segurança e funcionalidade (CONSOLI, 2006).

Neste contexto, a abordagem deste tema é importante na medida em que as estatísticas têm mostrado que a grande parte das manifestações patológicas de uma edificação tem ocorrido nas fachadas. Além disso, falhas no projeto e na etapa da execução têm sido as principais causas dessas manifestações patológicas, o que causa despesas que poderiam ser evitadas (ALVES, 2008). Diante disso, este artigo se propõe a abordar as manifestações patológicas especificamente nas fachadas, conhecendo suas origens e consequências, com o intuito de identificar as mais eficientes medidas de prevenção e de recuperação.

O objetivo geral do presente trabalho, portanto, é diagnosticar as causas possíveis que geram as manifestações patológicas, especificamente as fissuras nas paredes de reboco de uma edificação. Para complementar o objetivo, o trabalho irá propor soluções, baseado nos levantamentos da realização de um estudo de caso em um edifício habitacional na cidade de Taguatinga, DF.

## **2 AS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E SUA CLASSIFICAÇÃO**

Liechtenstein (1985, p. 13) definiu patologia em edificações como

a ciência que estuda as origens, causas, mecanismos de ocorrência, manifestações e consequências das situações nas quais o edifício, ou suas partes não apresentem um desempenho mínimo pré-estabelecido.

Isto quer dizer que está relacionada com a funcionalidade da edificação ou de alguma de suas partes constituintes.

Conforme a origem, as manifestações patológicas podem ser subdivididas em congênitas (já nascem no projeto da obra); construtivas (se originam na fase de execução); adquiridas (ocorrem no decorrer da vida útil dos revestimentos e materiais estruturais); e acidentais (decorrem da ação aguda de agentes como

fenômenos da natureza (enchentes, raios, ventos fortes, etc.), incêndios, alagamentos, entre outras ações inopinadas. Entretanto, a experiência mostra que grande parte das causas de patologia em fachadas é produzida, não apenas por um fator, mas pela soma de vários agentes, tais como: falhas nos materiais, na especificação, na execução da obra; deformação pela humidade, pelo calor e pelo próprio declínio da vida útil da edificação (SILVA, 2014).

As manifestações patológicas que surgem numa fachada são evolutivas, ou seja, se não tratadas ou prevenidas, podem se estender ou se agravar e comprometer toda a estrutura. As deformidades mais comuns se originam de fatores e mecanismos de degradação relacionados com os materiais empregados na edificação. Estes, ao longo do tempo, perdem a capacidade de suportar as ações deletérias e passam a não atender satisfatoriamente às exigências técnicas para as quais foram empregados na obra (GASPAR; BRITO, 2005).

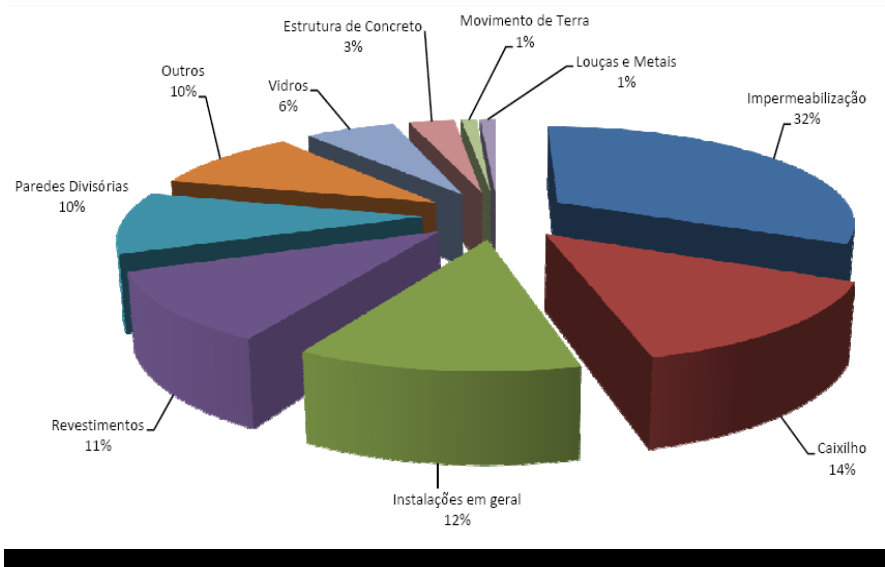
Por sua vez, Souza e Almeida (2005) afirmam que os fatores causadores de manifestações patológicas podem ser de natureza mecânica, eletromagnética, química, térmica, biológica. A este respeito, Silva (2014) afirma:

Um exemplo típico da ação conjunta de agentes degradantes é a chuva e vento incidindo sobre a parede externa, a qual pode oferecer condições propícias para desencadear mecanismos de degradação, tais como fissuras de retração, deficiência de aderência, fungos e bolor (p. 30).

Outro fator importante é o clima da região onde está instalada a edificação. As variações climáticas são agentes que atuam diretamente nas partes externas da obra: chuvas, ventos, insolação, umidade e temperatura (MELO JÚNIOR, 2010). Mas todos estes efeitos devem ser previstos por ocasião do planejamento da edificação.

Em estudo realizado por Vedovello (2012), verificou-se que as manifestações patológicas ocorrem de acordo com os percentuais indicados no gráfico a seguir.

Gráfico 1 – Percentuais dos locais das manifestações patológicas



Fonte: Couto e Couto (2007)

Portanto, as manifestações patológicas podem advir de causas materiais (má qualidade), falhas humanas (execução, má utilização pelos usuários e falhas de projeto) e fenômenos da natureza (outros). Mas quanto à área em que ocorrem, elas são distribuídas conforme os percentuais indicados na tabela 1.

Tabela 1 – Percentual de ocorrências de manifestações patológicas por área

ÁREA	% OCORRÊNCIA
Caixilhos	25,00%
Coberturas	7,69%
Estrutura e vedação vertical	13,45%
Instalações elétricas	5,77%
Instalações hidráulicas	28,85%
Pisos	9,62%
Revestimentos	9,62%

Fonte: Vedovello (2012)

Percebe-se na tabela 1 que as instalações hidráulicas são as principais áreas atingidas, mas os caixilhos ficam em segundo lugar com 25% das manifestações patológicas. Sendo os caixilhos partes das esquadrias que sustentam e acomodam os vidros de portas e janelas, eles fazem parte das fachadas, os quais podem ser de ferro, alumínio, aço e PVC. Cada um desses materiais deve ser considerado na projeção do revestimento e estrutura da fachada.

### 3 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS

As manifestações patológicas de uma edificação se manifestam por sinais observáveis. No caso das fachadas, os principais são fissuras, rachaduras, bolhas, eflorescência, descascamento e manchas. No caso deste trabalho, as fissuras são as deformidades mais comuns nas fachadas e por isso serão contempladas com maior ênfase.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, em termos gerais, fissura é definida como

Abertura ocasionada por deformações ou deslocamentos do substrato, que pode ser classificada em estática ou dinâmica - cíclica, finita ou infinita - e cuja amplitude é variável (a seleção do tipo de impermeabilização deve prever a amplitude de abertura e classificação da fissura) (ABNT NBR 9575:2010).

Falando de outro modo, é a separação parcial ou integral do concreto ou argamassa de uma alvenaria em duas ou mais partes, devido à ruptura ou fratura do material. Isto ocorre por diferentes causas, conforme descrito anteriormente.

A NBR 9575:2010 não apresenta definição própria para a palavra, mas ao mencionar trinca, faz referência ao vocábulo fissura, dando a entender que ambos os termos definem a mesma patologia. Contudo, muitos profissionais identificam fissura como uma fina abertura na parede, que atinge a pintura e o revestimento, enquanto a trinca é uma abertura maior e mais profunda, atingindo a estrutura da parede, comprometendo inclusive a segurança do imóvel (TAVARES, 1998).

Olivari (2003) expõe a nomenclatura para as aberturas de acordo com a largura, conforme mostrado na tabela 2.

**Tabela 2** – Classificação das aberturas nas paredes

TAMANHO DA ABERTURA	NOME
Menor que 0,2 mm	Fissura capilar
De 0,2 a 0,5 mm	Fissura
De 0,5 a 1,5 mm	Trinca
De 1,5 a 5 mm	Rachadura
De 5 a 10 mm	Fenda
Maior que 10 mm	Brecha

Fonte: Olivari (2003)

As fissuras, se não tratadas, tendem a evoluir e se agravar, encarecendo e aumentando os custos para a recuperação. As figuras 1 e 2 mostram exemplos daquelas manifestações patológicas.

**Figura 1** – Parede com fissuras



Fonte: Autor

Segundo Olivari (2003), as fissuras favorecem a infiltração de água, com o surgimento de manchas escuras ou amareladas pela umidade e até o descolamento do reboco, como se observa na figura 1. São causadas por materiais inadequados ou de qualidade baixa, falha técnica na execução do assentamento dos tijolos ou do reboco.



Por sua vez, a figura 2 ilustra uma fenda maior, o que representa maior gravidade.

**Figura 2** – Fachada residencial com trinca



Fonte: Autor

Conforme se observa na figura, a abertura na parede é mais larga, fazendo que as trincas sejam mais graves que as fissuras mais comuns, por isso devem ser inspecionadas com maior crítica, procurando verificar se estão aumentando ou estabilizadas. Devem ser tratadas sob a supervisão de um engenheiro, tendo em vista que este profissional vai avaliar o comprometimento da estrutura da edificação.

Em termos técnicos, Olivari (2003) apresenta uma classificação bastante interessante das causas das manifestações patológicas em edificações. Segundo ele, as principais causas são:

**a) Recalque das fundações:**

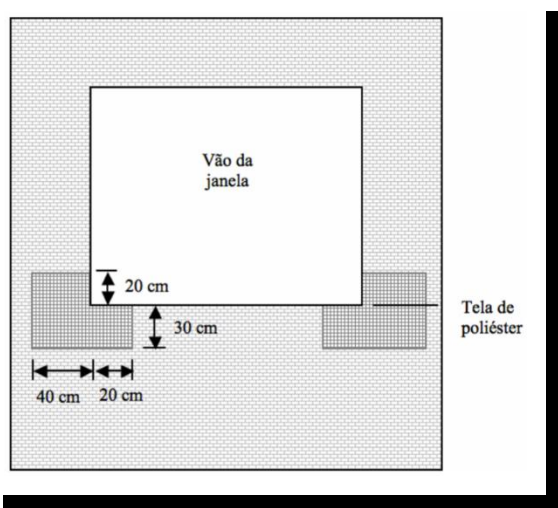
Recalque é o deslocamento vertical do solo pelo peso da estrutura edificada. Isto depende do tipo de solo e do lençol freático abaixo dele. O solo pode ceder de modo desigual entre os elementos de uma mesma fundação (recalque diferencial),

fazendo com que a estrutura sofra tensões e gere as deformações patológicas. Isto pode ocorrer imediatamente à fundação ou ao longo do tempo.

### **b) Movimentação térmica:**

As variações de temperatura provocam movimentos de dilatação e contração das partes estruturais de um edifício, tanto interna como externamente. Esta intermitência acarreta fissuras e trincas ao longo das fachadas. Para se prevenir este tipo de fissura existem tintas especiais para fachadas, embora sejam inviáveis financeiramente. Também podem-se evitar essas trincas pela execução correta das juntas de movimentação. No caso próximo das janelas e aberturas, recomenda-se o uso de telas de poliéster nas quinas do caixilho (vide figura 3).

**Figura 3** - Tratamento de quinas de janelas com tela de poliéster



Fonte: Figueiredo JR (2017)

### **c) Sobrecargas ou acúmulo de tensões:**

Ocorre quando a estrutura de concreto armado é submetida a tensões ou cargas superiores às previstas originalmente, o que produz deformação ou fissura na parte tensionada.

**d) Retração do concreto:**

É a diminuição do volume de concreto devido à evaporação da água de sua composição, causada por diversos fatores: tipo de cimento, qualidade dos ingredientes, proporção água/cimento, além de efeitos climáticos, químicos, de secagem ou cura, ou mesmo pela forma errada de traçar. Quando ocorre a retração do concreto, a estrutura sofre tensão e acaba por contribuir para o surgimento de imperfeições na camada de revestimento.

**e) Carbonatação:**

É o fenômeno químico pelo qual há a penetração de gás carbônico para o interior do concreto armado, submetendo o mesmo à ação do  $\text{CO}_2$ , que ocasiona lavagem e fissuras com o passar do tempo. A rapidez desse processo de carbonatação depende da natureza do cimento (maior ou menor teor de cal), dosagem do cimento, quantidade de água, clima (umidade relativa), quantidade de  $\text{CO}_2$  na atmosfera e compactação do concreto. Para evitar a carbonatação, é preciso que o concreto seja bem condensado e com equilíbrio na relação água/cimento, evitando furos e passagens do  $\text{CO}_2$ .

**f) Expansão de armadura (corrosão):**

É um processo químico de óxido-redução a nível das ferragens do concreto, provocada pelo efeito pilha (reação natural quando um metal se encontra com um eletrólito). A presença de água em contato com o ferro produz a oxidação do mesmo, diminuindo sua secção (bitola) e, conseqüentemente, sua resistência.

**g) Reações químicas internas:**

Provocam aumento desigual da expansibilidade do material frente às ações internas e externas de temperatura. Podem ser pelo Sulfato de Cálcio ( $\text{CaSO}_4$ ), por gases de garagem de veículos, e reação álcalo-agregado.

## 4 O QUE FAZER PARA EVITAR AS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Conforme se afirmou no primeiro tópico, as manifestações patológicas em fachadas se devem a diversos fatores, tais como: falhas na execução dos projetos, uso de materiais inadequados, fenômenos da natureza repentinos, influência das variações climáticas, entre outros. Contudo, independentemente da causa, as deformidades devem ser prevenidas ainda nas fases de planejamento e execução do projeto. Caso sejam ignoradas ou negligenciadas, certamente trarão custos extras no futuro (VEDOVELLO, 2012).

Quando o projeto estrutural é feito com falhas, isso vai refletir inicialmente nas partes mais superficiais da edificação, quando surgem as primeiras fissuras nas paredes de alvenaria. Pezzato (2010) afirma que é difícil diagnosticar problemas de estrutura devido à falta de informações do que foi feito no projeto estrutural, bem como a qualidade dos materiais e proporções utilizados nas argamassas. Por isso o autor defende que

O projeto e a execução da base do revestimento devem respeitar as normas pré-estabelecidas, com cálculo das juntas de movimentação e estruturais, espera do tempo de cura de cada material e especificação dos materiais a serem utilizados. (PEZZATO 2010, p. 85)

Segundo Tomaz (2005), as construções mais novas têm eliminado a camada de emboço nos revestimentos das fachadas, o que seria apropriado para o surgimento de fissuras. Para este autor, a falta de revestimento de reboco enfraquece a resistência contra as variações mecânicas da estrutura, tornando a edificação vulnerável às deformações da base.

Para Ribeiro (2006),

O posicionamento das juntas depende da avaliação da edificação, que é composta de análise do projeto de estruturas (fôrmas de lajes e vigas de borda, flechas previstas, lajes ou vigas em balanço), projeto de arquitetura (características dos materiais de acabamento especificados, a altura do edifício, existência de varandas e platibandas, curvas, dimensões de aberturas).

O tipo de revestimento que será utilizado na fachada deve ser levado em conta na hora de planejar (projeto) a estrutura da fachada. Isto porque cada material tem um coeficiente de dilatação diferente, fazendo que o mesmo sofra a ação climática de modo específico. Então, em dada interface, pode haver o encontro de diferentes tensões. Por isto é razoável que sejam registradas e evidenciadas as informações acerca deste fenômeno, incluindo os diversos materiais empregados na seção (PEZZATO, 2010).

Quanto a isto, Moreira (2005) ensina que, no revestimento de fachadas, é imprescindível considerar duas características principais na hora de escolher os materiais: a resistência mecânica e a corrosão. Assim, por exemplo, entre o aço carbono e o aço inoxidável, há algumas particularidades. O aço carbono é mais resistente, porém é mais suscetível à corrosão, necessitando de tratamento anticorrosivo, além de requerer manutenção periódica. Já o aço inoxidável, por ser de difícil corrosão, é o material mais utilizado em fachadas.

## 5 ESTUDO DE CASO

O objeto de estudo deste trabalho é um edifício com 6 pavimentos, localizado na Região Administrativa de Taguatinga, Distrito Federal, consistindo num condomínio vertical com 62 unidades residenciais e 5 lojas comerciais. O prédio foi construído em 1975 e nunca foi submetido a manutenção preventiva na fachada. O edifício possui uma área construída de 5.400 m<sup>2</sup>. O nome comercial do empreendimento é Edifício Plaza.

A construção é no sistema convencional, utilizando concreto armado, tijolo de cerâmica para fechamento e laje pré-moldada.

A figura 4 apresenta uma fotografia do edifício, onde se observam as manifestações patológicas no revestimento da fachada antes da reforma.

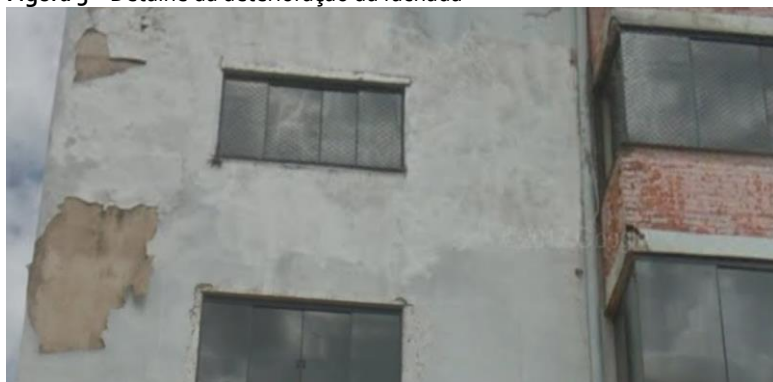
**Figura 4** – Fachada do Edifício Plaza, antes da recuperação (aspecto geral)



Fonte: o autor

O edifício apresentava vários pontos de deterioração na fachada. Na figura 5 observava-se que o reboco se encontrava muito fraco, causando assim o destacamento ou deslocamento e fissuras. A causa disso pode-se dizer que devido a reações ao longo do tempo de mudança de temperatura e também a má composição da argamassa quando na aplicação na época da construção, como o uso de saibro, pois com o passar do tempo perde a sua composição transformando em areia sem liga.

**Figura 5** – Detalhe da deterioração da fachada



Fonte: o autor

Foi necessário implementar uma total restauração em toda a fachada do prédio. Os objetivos maiores da restauração foi melhorar a estética do prédio e corrigir as infiltrações existentes em 70% das unidades residenciais. As etapas utilizadas para restauração foram:

- a) Retirada de todo o reboco da fachada conforme figura 6;
- b) Aplicação de um novo chapisco;
- c) Feito um novo reboco utilizando aditivo impermeabilizante Vedacit;
- d) Aplicação de impermeabilizante Sikatop sobre o reboco;
- e) Aplicação de revestimento de pastilhas em algumas partes;
- f) Aplicação de revestimento com grafiato na maior parte da fachada, visando diminuir os custos.

**Figura 6** – Retirada do reboco



Fonte: o autor

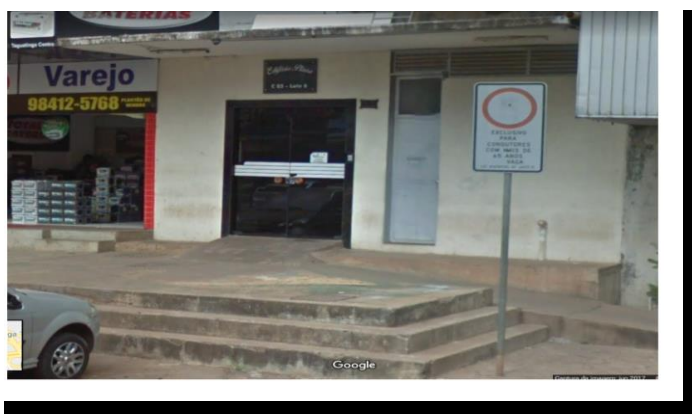
A reforma foi executada por uma empresa especializada, tendo como líder dos trabalhos um profissional engenheiro civil, auxiliado por um mestre de obras e profissionais especialistas. A empresa que executou a restauração está localizada na Região Administrativa de Samambaia-DF.

Após a manutenção, o Edifício Plaza adquiriu nova roupagem e perspectiva, podendo se destacar entre as paisagens do local e contribuindo para a beleza urbana da cidade de Taguatinga.

A seguir, a partir da figura 5, são apresentadas fotografias do Edifício Plaza, comparando o estado de conservação antes e depois da restauração realizada pela empresa.

#### **a) Comparação da entrada principal**

**Figura 7 – Entrada principal antes da reforma**



Fonte: o autor



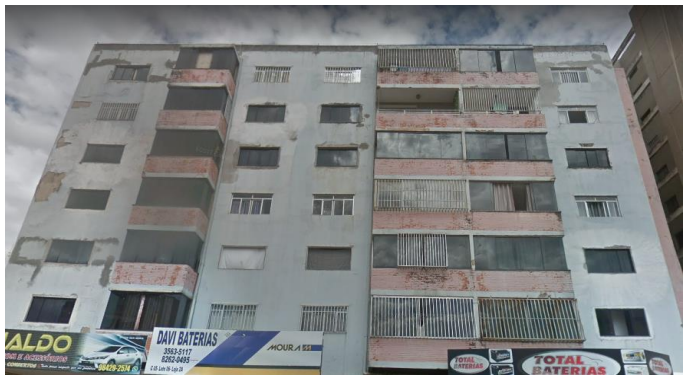
Figura 8 – Entrada principal após a reforma



Fonte: o autor

**b) Comparação da fachada frontal**

Figura 9 – Fachada frontal antes da reforma



Fonte: o autor

**Figura 10** – Fachada frontal após a reforma



Fonte: o autor

### **c) Comparação da fachada lateral direita**

**Figura 11** - Fachada lateral direita antes da reforma



Fonte: o autor

**Figura 12** - Fachada lateral direita após reforma



Fonte: o autor

#### **d) Comparação da fachada lateral esquerda**

**Figura 13** - Fachada lateral esquerda antes da reforma



Fonte: o autor

**Figura 14 - Fachada lateral esquerda após reforma**



Fonte: o autor

### **e) Comparação da fachada posterior**

**Figura 15 - Fachada posterior antes da reforma**



Fonte: o autor

**Figura 16** - Fachada posterior após a reforma



Fonte: o autor

**Figura 17** – Fachada do Edifício Plaza, após a recuperação (aspecto geral)



Fonte: o autor

## 6 CONCLUSÃO

A fachada é uma seção importante da edificação, sendo a sua parte mais exposta. Ela pode chamar a atenção por estar bem-feita e em harmonia com a paisagem do local, como também pode causar atitudes depreciativas por parte de quem a observa e representar a insegurança daqueles que convivem regularmente no interior do imóvel. Ressalta-se a contradição que ocorre por ocasião do planejamento da obra, quando os responsáveis e os proprietários dão maior valor ao aspecto

estético ou econômico, com prejuízo da segurança e durabilidade da estrutura da fachada. Esta atitude enseja a ocorrência precoce de manifestações patológicas nas partes externas do edifício.

Desta forma, a fachada deve ser bem construída para atender a todos os requisitos, tanto a estética quanto a segurança estrutural do imóvel. Sabe-se que a tecnologia de ponta tem desenvolvido muitos materiais, entretanto, as construções e os profissionais da construção devem cuidar para que a grande oferta de opções em materiais de construção não venha a impedir a realização de um trabalho seguro e esteticamente perfeito. Em outras palavras, a maioria das manifestações patológicas da atualidade podem ser prevenidas ainda na fase de projeto do empreendimento, por meio de investimento bem orientado, de forma que haja compatibilização entre os materiais disponíveis, as aquisições e os subsistemas onde serão empregados.

Outro aspecto importante é a qualificação da mão-de-obra. Não adianta haver materiais de última geração e qualidade indiscutível se os operários não dominarem a técnica exigida para a correta edificação. Isto remete à necessidade de se investir na capacitação profissional dos trabalhadores da construção civil, a fim de acompanhar a evolução tecnológica dos dias atuais. Isto pode ser feito tanto pela empresa construtora quanto por parte dos próprios funcionários que desejarem se atualizar e se preparar para o mercado de trabalho.

Portanto, baseado no estudo de caso realizado da edificação mencionada, pode-se dizer que independentemente das causas, o fundamental na edificação é prevenir as deformidades, por meio de um bom projeto e execução de qualidade e com os materiais mais apropriados para atender os requisitos exigidos, e isto não significa os materiais mais caros do mercado. Além disso, toda obra precisa de um programa regular de manutenção preventiva em todos os setores.

## REFERÊNCIAS

COSTA E SILVA, Ângelo Just da. **Método para gestão das atividades de manutenção de revestimentos de fachada** / A.J. Costa e Silva. -- São Paulo, 2008. 221 p.



COUTO, João P.; COUTO, Armanda M. **Importância da revisão dos projetos na redução dos custos de manutenção das construções**. In: 3.º Congresso Nacional, 17 a 19 de dezembro 2007, Coimbra, Portugal. Universidade de Coimbra, 2007.

FIGUEIREDO JÚNIOR, Geraldo Josafá de. **Patologias em revestimentos de fachadas – diagnóstico, prevenção e causas**. Universidade Federal De Minas Gerais. Dissertação de Mestrado: Belo Horizonte, 2017.

MOREIRAS, S. T. F. (2005). **Estudo sobre o revestimento de fachadas de edifícios altos com granitos ornamentais**. Dissertação - Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

OLIVARI, Giorgio. **Patologia em edificações**. Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Engenharia Civil. Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2003. Disponível em: <[https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37900509/civil-01.pdf?DGIORGIO\\_OLIVARI\\_PATOLOGIA\\_EM\\_EDIFICACOES.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37900509/civil-01.pdf?DGIORGIO_OLIVARI_PATOLOGIA_EM_EDIFICACOES.pdf)> Acesso em 12 dez. 2018.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. **O Conceito de qualidade aliado às patologias na construção civil**. Projeto de Graduação. Escola Politécnica da UFRJ. Rio de Janeiro: 2013.

PEZZATO, Leila Maria (2010) **Patologias no Sistema Revestimento Cerâmico: Um Estudo de casos em fachadas**. 162f. Dissertação (Mestrado) – Escola Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

PEZZATO, Leila Maria. **Patologias no Sistema Revestimento Cerâmico: Um Estudo de casos em fachadas**. 162f. Dissertação (Mestrado) – Escola Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

SABBATINI, Fernando Henrique. **As fissuras com origem na interação vedação-estrutura**. In: I Seminário tecnologia e gestão na produção de edifícios: vedações verticais. EPUSP/PCC. São Paulo, 1998. p169-186.

SILVA, MARIA DE NAZARÉ BATISTA DA. **Avaliação Quantitativa da Degradação e Vida Útil de Revestimentos de Fachada – Aplicação ao Caso de Brasília/DF [Distrito Federal]** 2014. xviii, 198 p. Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Brasília, DF: 2014.

TAVARES, Filipe Miguel. **Dicionário da Construção**. Em 24 jun. 1998. Disponível em: <[https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Gloss%e1rios/glossario\\_da\\_construcao.pdf](https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Gloss%e1rios/glossario_da_construcao.pdf)> Acesso em 19 dez. 2018.

VEDOVELLO, Cintia Aparecida da Silva. **Gestão de projetos de fachadas / C.A.S. Vedovello**. – Ed. rev. - São Paulo, 2012. 406 p.

# MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PILARES

## PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN PILLARS

Adriana Oliveira da Costa de Souza<sup>1</sup>  
Nielsen José Dias Alves

### RESUMO

Este artigo tem por objetivo abordar uma análise da situação atual dos elementos estruturais (pilares) do térreo e dos dois subsolos de uma edificação localizada em Águas Claras - DF, considerando o histórico da construção que iniciou em 2012 e ficou suspensa por 7 anos, sendo retomada no ano de 2019. Portanto, o presente estudo constituiu em realizar vistorias nos pilares mais críticos da obra, enumerar os problemas identificados, bem como apresentar um diagnóstico para assim poder tornar conhecidos os sintomas e possibilitar, posteriormente, o desenvolvimento de soluções mais adequadas para cada caso encontrado. Foram realizados testes para estabelecer a quantidade e o cobrimento da armadura, determinar a dureza superficial e o controle da homogeneidade do concreto da peça estudada, indicar se o concreto possuía condições para proteção química da armadura, imunizando-as ao processo corrosivo e verificar o potencial de corrosão. Através dos resultados obtidos, observou-se regiões com alta probabilidade de corrosão e pontos em que havia segregação do concreto.

**Palavras-chave:** Dureza superficial. Homogeneidade do concreto. Proteção química. Potencial de corrosão.

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UnICEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Projeto, Execução e Manutenção de Edificações, sob orientação do Prof. Me. Nielsen José Dias Alves



## ABSTRACT

This article aims to approach an analysis of the current situation of the structural elements (pillars) of the ground floor and the two underground of a building located in Águas Claras – DF, considering the history of construction that began in 2012 and was suspended for 7 years, being restarted in the year 2019. Therefore, the present study consisted of conducting surveys on the most critical pillars of the work, list the problems identified, as well as presenting a diagnosis in order to make the symptoms known and later enable the development of more appropriate solutions for each case found. Tests were performed to establish the amount and coverage of the reinforcement, determine the surface hardness and control of the concrete homogeneity of the studied part, indicate if the concrete had conditions for chemical protection of the reinforcement, immunizing them to the corrosive process and checking the corrosion potential. Through the obtained results, it was observed regions with high probability of corrosion and points where there was concrete segregation.

**Keywords:** surface hardness. concrete homogeneity. chemical protection. corrosion potential.

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, a tecnologia permite que haja construções cada vez maiores e mais esbeltas e para isso são utilizadas peças estruturais de dimensões menores e em muitos casos, com cobrimentos inferiores aos que são regulamentados em norma. Paralelo a este avanço, surge a necessidade de realizar um acompanhamento e recuperação dos elementos estruturais comprometidos.

O termo "patologia" é derivado do grego (pathos - doença, e logia - ciência, estudo) e significa "estudo da doença". Na construção civil pode-se atribuir patologia aos estudos dos danos ocorridos em edificações. Esses danos podem aparecer na forma de trincas, fissuras, corrosão, carbonatação, entre outros. Denomina-se por Patologia das estruturas “esse novo campo da Engenharia das Construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas”. (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 14).

Para estudar o processo e descobrir o que levou ao surgimento da patologia, é necessário primeiro, avaliar a patologia em si, ou seja, como se apresenta, em

seguida identificar os sintomas, para só então descobrir a origem da anomalia e poder oferecer a melhor resolução do problema.

Este estudo foi realizado em um prédio residencial de 15 andares, com 6 apartamentos por andar, localizado em Águas Claras-DF.

A metodologia escolhida para desenvolvimento deste projeto foi o estudo de caso, pois desta forma é possível coletar dados de uma obra existente e que apresenta manifestações patológicas a serem observadas e estudadas a fim de obter um diagnóstico sobre a ocorrência, bem como apresentar solução para as falhas encontradas.

Segundo Yin (2001), existem três táticas para aumentar a validade do constructo, a primeira delas é a utilização de várias fontes de evidência para que haja linhas distintas de investigação. Desta forma, o presente estudo avalia os diversos sintomas e analisa as possíveis causas.

## **2 DEFINIÇÕES**

### **2.1 Concreto Armado**

Diz-se que uma estrutura é de concreto armado quando utiliza o concreto e barras de aço no seu interior, fazendo aumentar a resistência à tração, visto que o concreto em si resiste bem somente à compressão.

Os elementos de concreto armado são aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência. (NBR 6118:2014).

### **2.2 Manifestações patológicas**

Como na medicina, patologia significa estudo das doenças e na construção civil, chamamos de manifestações patológicas as falhas em determinado elemento, sejam falhas de execução ou projeto. Elas se apresentam de diversas formas e influenciam na resistência e durabilidade da estrutura. Para que essas patologias

sejam evitadas é necessário um controle de qualidade mais rigoroso em todas as etapas da construção, havendo também a utilização de manual de uso e manutenção da edificação como forma de prevenção em grande parte o surgimento de manifestações. (CBIC, 2013).

### *2.2.1 Tipos de Manifestações patológicas abordadas*

#### a) Trincas e fissuras

Segundo a norma de impermeabilização (NBR 9575:2010), as microfissuras têm abertura inferior a 0,05 mm. As aberturas com até 0,5 mm são chamadas de fissuras e, por fim, as maiores de 0,5 mm e menores de 1,0 mm são chamadas de trincas.

#### b) Desagregação

A desagregação é quando ocorre o deslocamento de trechos do concreto, quando os agregados se soltam da estrutura, ou seja, perda da capacidade aglomerante do concreto.

#### c) Carbonatação

O Ph do concreto ideal é entre 12,6 e 13,5, quando há a carbonatação esse Ph reduz a uma média de 8. O processo de carbonatação inicia na superfície da estrutura, formando a frente de carbonatação. Esta frente é formada quando o CO<sub>2</sub> presente na face externa, encontra passagem e umidade na parte interna da peça, e assim avança até a barra de aço causando a despassivação e como consequência, tornando-o vulnerável. Para detectar quais elementos estruturais apresentam carbonatação será feito um ensaio com fenolftaleína.

#### d) Corrosão

A corrosão ocorre quando um determinado elemento de aço é exposto a umidade e CO<sub>2</sub>. Esse fenômeno envolve a deterioração de um material, que se consome e perde a capacidade de carga e resistência, oferecendo risco para a

estrutura. O custo para recuperação é elevado e por isso é importante que se haja uma preocupação na fase de projeto e execução, bem como manutenção.

### 2.3 Diagnóstico

Na medicina, um diagnóstico é dado pelo profissional para determinar e conhecer a natureza de uma doença com base nos seus sintomas e sinais, esta analogia pode ser feita para a construção civil, pois um diagnóstico de uma patologia é uma avaliação com base nos sintomas e sinais dados pela estrutura

### 2.4 Potencial de Corrosão

Existem muitas técnicas capazes de monitorar a integridade da estrutura com o objetivo de avaliar o grau de corrosão do aço nos elementos estruturais de concreto armado.

O intuito deste artigo é realizar o ensaio de potencial de corrosão normatizado pela ASTM C876 – 2015, com a finalidade de encontrar atividades corrosivas ao longo da estrutura examinada, gerando um mapa das regiões com diferentes medidas eletroquímicas para avaliar a extensão e evolução do processo corrosivo das armaduras.

Para o ensaio é utilizado um eletrodo de referência, formado por uma haste de cobre imerso em uma solução de sulfato de cobre, conectado por meio de um voltímetro de alta impedância a armadura que se deseja analisar.

**Tabela 1** – Potencial de corrosão (ASTM C 876)

Potencial de Corrosão medido (mV)	Probabilidade de Corrosão
Mais negativo que -350	Maior que 90%
Entre -200 e -350	Incerto
Mais positivo que -200	Menor que 10%

Fonte: Produzido pela autora do trabalho com base na ASTM C 876.

## 2.5 Pacometria

Este ensaio ocorre por meio de um aparelho chamado pacômetro, capaz de localizar barras de aço, medir sua posição em relação à superfície, determinar a espessura do cobrimento e em alguns casos até o diâmetro desta barra no interior da estrutura de concreto através de ondas magnéticas de baixa frequência.

Para se obter tais dados, primeiro deve-se posicionar o aparelho na superfície que se deseja identificar, logo após movimentar lentamente, indo e voltando, no sentido perpendicular as barras, sem afastar o equipamento da estrutura. O pacômetro possui um visor e alerta sonoro, sendo assim, quando a barra for localizada ele emitirá um som e no visor aparecerá o eixo da armadura.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Posicionamento das armaduras e espessura do cobrimento de concreto através do pacômetro (BS 1881: Part 204:1988).

Pacometria é um ensaio não destrutivo usado para determinar a quantidade de armadura e o cobrimento de concreto em peças de concreto armado. O ensaio permite estimar sua dimensão, cobrimento e orientação, o que pode ser útil na realização de vistorias em peças estruturais.

O objetivo deste procedimento é determinar o posicionamento das armaduras a fim de permitir que haja um posterior contato nas mesmas para a realização do procedimento de avaliação de potencial eletroquímico nos casos onde havia constatação de corrosão. Também foram observados os valores da espessura de cobrimento do concreto para comparações com o teste de profundidade de carbonatação.

Para este ensaio foi utilizado um pacômetro eletrônico digital da marca Proceq que funciona por indução magnética segundo as orientações da norma BS 1881: Part 204:1988. Na Figura 1 podemos observar o modelo do equipamento utilizado.

**Figura 1** – Kit equipamento de pacometria.



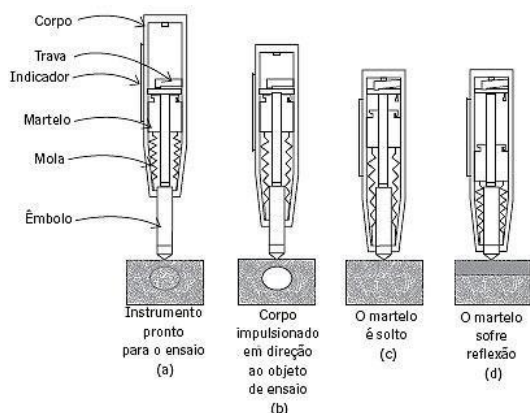
Fonte: [www.proceq.com](http://www.proceq.com).

### **3.2 Avaliação da dureza superficial do concreto pelo Esclerômetro (ABNT NBR 7584:2012).**

Para estimar a dureza superficial e a homogeneidade do concreto que compõe os elementos estruturais foram realizadas avaliações não destrutivas utilizando esclerômetro de reflexão de Schmidt orientado pela norma ABNT NBR 7584:2012.

Este método consiste em impactar uma superfície de concreto, de maneira padrão, com uma dada energia de impacto e, então, medir o rebote ou a reflexão da massa padrão do equipamento após o impacto no concreto.

Esta reflexão é registrada em uma escala de medida, gerando um valor numérico, o que é chamado de índice esclerométrico ou índice de reflexão. Este índice mensurado corresponde a dureza superficial da peça ensaiada e também serve como controle de homogeneidade do concreto disposto no elemento. Na Figura 2 pode ser observado o funcionamento mecânico do esclerômetro.

**Figura 2 – Funcionamento mecânico do esclerômetro de reflexão.**

Fonte: [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net).

Os dados sobre a marca e modelo do aparelho bem como os resultados obtidos nos ensaios encontram-se no Anexo A.

### 3.3 Determinação da profundidade de carbonatação utilizando solução fenolfitaleína (LNEC E 391, RILEM CPC 18).

Dentre os problemas que podem afetar a vida útil das estruturas de concreto armado, destacam-se os mecanismos de deterioração da armadura. Nesse contexto, a carbonatação do concreto consiste na reação entre o dióxido de carbono atmosférico e os componentes do cimento, que reduz o pH do concreto, desfazendo a camada passivadora das barras de aço e dando início à corrosão.

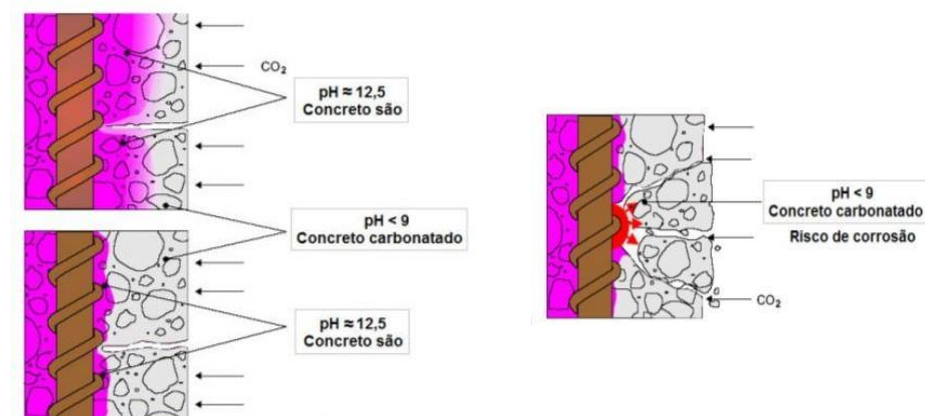
O procedimento de determinação da profundidade de carbonatação teve como objetivo indicar se o concreto presente na estrutura ainda oferecia condições de proteção química às armaduras, mantendo as mesmas em estado de passivação, imunes ao processo corrosivo. Este fato ocorre quando o concreto se apresenta alcalino, com um pH entre 12,6 e 13,5. Ao se carbonatar, este concreto tem seu pH reduzido para valores abaixo de 9,0.

Desta forma foi utilizada como ensaio para determinação da profundidade de carbonatação no concreto a solução de 1% de fenolfitaleína, pois esta se mantém

incolor em soluções ácidas (concreto carbonatado) e torna-se violeta em soluções básicas (concreto sem carbonatação).

O procedimento de verificação foi realizado seguindo os modelos das normas LNEC E391 e RILEM CPC 18. Um exemplo da alteração fotoquímica aplicada em concreto pela solução fenolftaleína pode ser observado na Figura 3 a seguir:

**Figura 3** – Processo de carbonatação no concreto



Fonte: Freitas, 2005.

### 3.4 Avaliação do potencial de corrosão utilizando Eletrodo de referência (ASTM C 876).

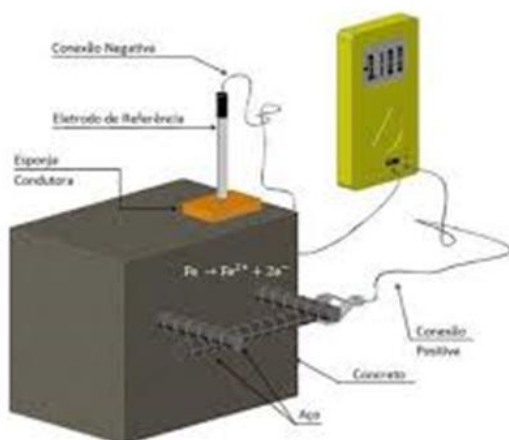
O ensaio de potencial de corrosão consiste em realizar uma análise eletroquímica das barras de aço presentes na estrutura de concreto armado através da diferença de voltagem entre um eletrodo de referência formado por uma pilha de cobre/sulfato de cobre em contato com a superfície do concreto.

Para a formação do eletrodo de referência foi utilizado um cilindro transparente onde continha uma barra de cobre no eixo central com diâmetro de 10mm submerso em uma solução saturada de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ) dissolvido em água destilada com quantidade suficiente para a barra de cobre estar sempre coberta pela mistura.



A solução é passada pela superfície porosa do equipamento e entra em contato com a superfície da estrutura, previamente umedecido para diminuir a resistência do concreto ao ensaio. Juntamente a isso é utilizado um voltímetro de alta impedância ligado à barra de cobre e ao aço da estrutura, formando assim um circuito entre o equipamento e a estrutura. Esta conexão pode ser observada na Figura 4:

**Figura 4** – Conexão realizada entre o aparelho de potencial de corrosão e a estrutura.



Fonte: ASTM C 876

Como mostra a Figura 4, o voltímetro conecta o aço com o eletrodo de referência de forma que o aço esteja no terminal positivo do voltímetro, sendo capaz de registrar a diferença de potencial no sistema em corrente contínua.

Essa diferença de potencial eletroquímico gerado pela meia célula e registrada através da leitura no voltímetro de alta impedância é utilizada para indicar a probabilidade de corrosão na armadura segundo os critérios presentes na norma ASTM C 876. A Tabela 2 apresenta os critérios da ASTM para corrosão:

**Tabela 2 – Critérios da ASTM para corrosão do aço no concreto (ASTM C 876).**

Potencial Eletroquímico Medido (mV)	Probabilidade de Corrosão
Mais negativo que -350	Maior que 95%
Entre -200 e -350	Incerta
Mais positivo que -200	Menor que 5%

Fonte: Produzido pela autora do trabalho com base na ASTM C 876.

O eletrodo de referência foi movido sobre a superfície do concreto com o objetivo de desenvolver um mapa de potencial que mostra os possíveis locais de corrosão ativa na estrutura, identificando assim as zonas que necessitam de reparos.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Posicionamento das armaduras e espessura do cobrimento de concreto através do pacômetro (BS 1881: Part 204:1988)

O ensaio de pacometria foi realizado somente nos pontos da estrutura onde foram executados o ensaio de verificação de profundidade de carbonatação e/ou avaliação do potencial de corrosão. De fato, o resultado deste ensaio será apresentado de forma complementar aos demais ensaios citados, como forma de enriquecer a avaliação.

### 4.2 Avaliação da dureza superficial do concreto pelo Esclerômetro (ABNT NBR 7584:2012).

O ensaio de avaliação da dureza superficial do concreto pelo esclerômetro foi realizado respeitando a norma da ABNT NBR 7584:2012. A correta execução deste ensaio como o preparo da superfície em que irá ser ensaiada é fundamental para um diagnóstico preciso. Desta forma as figuras 5 a 8 abaixo destacam os procedimentos efetuados para a execução do ensaio *in loco*. Os resultados estão presentes no Apêndice A.

**Figura 5** – Regularização da superfície grosseira com lixadeira elétrica



Fonte: Autora do trabalho

**Figura 6** – Regularização superficial com pedra de carborundum.



**Figura 7** – Delimitação dos pontos de impacto



Fonte: Autora do trabalho

**Figura 8** – Execução com martelo de Schmidt



Ao todo, o ensaio de avaliação de dureza superficial foi realizado em 9 pontos: 3 pilares do segundo subsolo (P15, P30, P51); 3 pilares do primeiro subsolo (P29, P45, P51) e 3 pilares do térreo (P7, P13, P31).

Todos os pontos analisados obtiveram resultados de dureza superficial superiores a 25Mpa. Contudo os pilares analisados no segundo subsolo obtiveram índices esclerométricos com alta variação, principalmente nos pilares P15 e P51, caracterizando uma má homogeneidade do concreto presente nestas estruturas.

Também foi observado que nestes pilares, P15 e P51 do segundo subsolo, havia grande quantidade de vazios de concretagem em sua superfície, o que pode ter motivado a baixa dureza superficial quando submetidos ao ensaio de esclerometria.

A tabela com os índices esclerométricos aferidos e as respectivas durezas superficiais de cada um dos pontos analisados encontram-se no anexo A.

#### **4.3 Determinação da profundidade de carbonatação utilizando solução fenolftaleína (LNEC E 391, RILEM CPC 18).**

Para o ensaio de determinação da profundidade de carbonatação utilizando solução fenolftaleína como indicador de pH foram consultadas as normas LNEC E 391 e RILEM CPC 18.

Antes de iniciar esse procedimento foi efetuado o mapeamento das armaduras presentes na estrutura utilizando pacômetro com o intuito de realizar um afrontamento da profundidade de carbonatação e respectivo cobrimento de concreto da peça ensaiada. Desta forma os furos realizados foram conduzidos para regiões com a presença da armadura de aço.

Os furos para exposição da camada de concreto a ser inspecionada foram realizados com furadeira utilizando broca nº 10. Após a perfuração e exposição do interior da estrutura a abertura passou por um processo de limpeza com o intuito de evitar qualquer contaminação dos resultados.

Posterior ao processo de limpeza, as perfurações receberam a aspersão da solução de fenolftaleína, a reação fotoquímica foi observada e registrada. As figuras 9 a 13 a seguir relatam os procedimentos realizados para este devido ensaio.

**Figura 9** – Execução da pacometria para localização das armaduras



Fonte: Autora do trabalho

**Figura 10** – Execução da perfuração utilizando furadeira com broca nº10

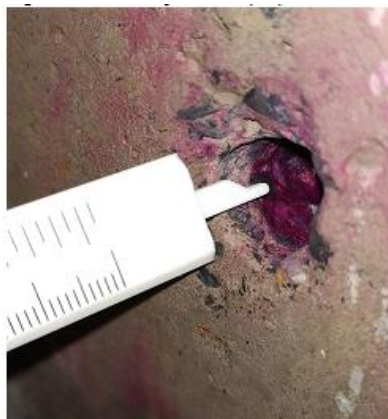


**Figura 11** – Aspersão de solução fenolftaleína.



Fonte: Autora do trabalho

**Figura 12** – Medição com paquímetro



**Figura 13** – Detalhe da posição do aço em relação a frente de carbonatação.



Fonte: Autora do trabalho.

Ao todo, o ensaio de verificação da profundidade de carbonatação foi executado em 10 pontos: 3 pilares do segundo subsolo (P15, P30, P51); 4 pilares do primeiro subsolo (P29, P45, P51, P50) e 3 pilares do pavimento térreo (P7, P13, P31).

Destaca-se que este procedimento foi realizado nos principais pilares em que se observaram anomalias como corrosão, fissuras e falhas de concretagem. O teste foi executado nas regiões onde não havia estas manifestações patológicas no elemento estrutural, uma vez que elas já estão em processo de degradação.

O teste foi realizado com o intuito de destacar se as anomalias presentes eram somente casos pontuais ou se haviam se estabelecidos por toda seção do elemento estrutural, por isso os procedimentos não foram realizados nestas regiões. (Tabela 3)

Tabela 3 – Resultados dos ensaios de Carbonatação e Pacometria.

ELEMENTO ANALISADO	LOCAL	PROFUNDIDADE DA FRENTE DE CARBONATAÇÃO (mm)	COBRIMENTO DE CONCRETO (mm)
P15	2° Subsolo	11	21
P30	2° Subsolo	10	26
P51	2° Subsolo	16	18
P29	1° Subsolo	12	15
P45	1° Subsolo	12	29
P50	1° Subsolo	10	31
P51	1° Subsolo	12	32
P7	Térreo	8	8
P13	Térreo	13	13
P31	Térreo	14	8

Fonte: Produzido pela autora do trabalho com os dados coletados em pesquisa de campo.

4.4 Avaliação do potencial de corrosão utilizando Eletrodo de referência (ASTM C 876).

A técnica da avaliação do potencial de corrosão utilizando eletrodo de referência foi executada seguindo os princípios normativos da ASTM C 876.

Para a correta avaliação da estrutura é necessário que haja a redução da resistividade elétrica do concreto a fim de melhorar os contatos eletroquímicos entre o eletrodo de referência e a superfície a ser analisada. Desta forma as estruturas foram cobertas com tecido úmido durante um prazo de 24 horas para diminuir a resistividade do concreto e facilitar as leituras. Nas Figuras 14 e 15 pode-se observar este processo.

Após a etapa de umedecimento é necessário que haja um contato direto com a armadura inserida de modo a produzir um circuito e possibilitar as leituras dos diferenciais de potenciais com o voltímetro.

**Figura 14** – Processo de revestimento do pilar.



**Figura 15** – Pilar úmido depois do processo.



Fonte: Autora do trabalho

As etapas subsequentes, detalham o mapeamento e leitura das diferenças de potenciais eletroquímicos desta avaliação e podem ser conferidas nas figuras 16, 17, 18 e 19.



**Figura 16** – Foram realizados pontos na estrutura para realização do mapeamento.



**Figura 17** – O mesmo furo serviu como contato para o teste de corrosão



Fonte: Autora do trabalho

**Figura 18** – Realização das leituras de estrutura potencial de corrosão



**Figura 19** – As leituras são registradas e formam um mapa de potencial de corrosão



Fonte: Autora do trabalho

Ao todo, foram realizados 4 pontos de teste de avaliação de potencial de corrosão utilizando eletrodo de referência: 1 pilar no primeiro subsolo (P50) e 3 pilares no pavimento térreo (P13, P7, P31).

Em todos estes pilares a avaliação constatou zonas com alta probabilidade de corrosão. Nestes pontos notou-se que o cobrimento nominal de concreto era inferior ao estabelecido por norma, uma vez que a NBR 6118 recomenda o mínimo de 30mm para pilares em edificações em zonas urbanas com classe de agressividade ambiental moderada. Também foi notado o aparecimento de trincas na superfície da estrutura, o que pode ter acelerado o processo corrosivo das armaduras.

Estas zonas com alta probabilidade de corrosão foram identificadas e mapeadas e estão presentes nas figuras 20, 21, 22 e 23.

**Figura 20** – Zonas com corrosão no pilar P7 pavimento térreo



**Figura 21** – Zonas com corrosão no pilar p13 no pavimento térreo



Fonte: Autora do trabalho

**Figura 22** – Zonas com corrosão no pilar P31 do pavimento térreo



**Figura 23** – Zonas com corrosão no pilar P50 do primeiro subsolo



Fonte: Autora do trabalho

Nos pontos onde foi realizado o procedimento de teste de verificação de potencial de corrosão pode-se notar que as zonas do concreto onde há uma alta probabilidade de corrosão é na parte inferior dos pilares, local em que ocorre maior contato com umidade, fator que favorece o desenvolvimento do processo corrosivo.

Somente no pilar P7 do pavimento térreo foi identificada uma zona de corrosão diferente das registradas nos outros pilares. Esta zona, que está na parte superior do pilar, apresenta uma trinca no sentido das armaduras. Não é possível identificar se essa trinca se deu através dos esforços gerados pela corrosão ou se foi devido ao processo natural de secagem do concreto, contudo, através desta houve o desenvolvimento do processo corrosivo nas armaduras, sendo espalhado por um perímetro a cerca deste.

Na Figura 24 podemos observar o detalhe desta trinca presente no pilar P7 do pavimento térreo.

**Figura 24** – Detalhe da zona de corrosão identificada no pilar P7.



Fonte: Autora do trabalho

## 6 CONCLUSÃO

Através desse estudo de caso pode-se comprovar a importância de uma execução correta e adequada para aumentar a durabilidade da estrutura de um edifício e minimizar falhas na sua construção. Os dados apresentados foram coletados através de inspeções. O edifício analisado possui 7 anos e atualmente se encontra na fase de retomada da obra para posterior entrega do empreendimento.

A autora deste trabalho, juntamente com a equipe do orientador Prof. Me. Nielsen José Dias Alves realizou ensaios nos pilares mais críticos após a inspeção visual, estes foram submetidos a testes para verificação de sua integridade. O ensaio de pacometria permitiu a localização, cobrimento e dimensão da armadura, facilitando a realização de vistorias em peças estruturais. Outra avaliação não destrutiva de grande importância realizada na peça foi feita com a utilização do esclerômetro, estimando a dureza superficial e a homogeneidade do concreto, através deste método é possível medir o rebote após o impacto do martelo no concreto, sendo assim, todos os pontos analisados obtiveram resultados superiores a 25Mpa, no entanto, os pilares analisados no segundo subsolo obtiveram resultados com alta variação, como o caso dos pilares P15 e P51, o que caracteriza uma má homogeneidade do concreto nessas peças, além de apresentar vazios de concretagem em sua superfície.

Com o objetivo de verificar a proteção da armadura, o elemento estrutural foi submetido ao procedimento com fenolftaleína, para destacar se as anomalias existentes eram casos pontuais ou se estendiam por toda seção do elemento estrutural.

Para identificar a probabilidade de corrosão, as peças que apresentaram anomalias como fissuras e falhas de concretagem, foram submetidas ao ensaio de potencial de corrosão da armadura segundo os critérios presentes na norma ASTM C 876. A avaliação constatou zonas com alta probabilidade de corrosão e com cobrimento inferior ao estabelecido por norma, tendo em vista a recomendação da NBR 6118 para este tipo de edificação.

No âmbito da segurança, a estrutura do prédio como um todo não apresenta riscos graves aos trabalhadores e consequentes usuários, apenas possui falhas pontuais passíveis de correção futura.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C-876**:

Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete. Philadelphia, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118** – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7584**: Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575** – Impermeabilização – Seleção e Projeto. Rio de Janeiro. 2010.

BS 1881-204. 1988 > **Testing concrete** – Part 204: Recommendations on the use of electromagnetic covermeters. London: BSI (British Standards Institution).

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho de edificações habitacionais**: Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. 2. ed. Brasília: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

LNEC E 391. Betões: **Determinação da resistência à carbonatação**, LNEC, Lisboa, 1993.

REUNION INTERNATIONALE DE LABORATOIRES D’ESSAIS ET  
MATERIAUX. CPC18: **Measurement of hardened concrete carbonation depth.**  
RILEM Recommendations CPC-18. Materials and Structures, [s. n.], p. 453-455,  
1988.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira; RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e  
Reforço de Estruturas de Concreto.** São Paulo: Pini, 1998, p.14

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2. ed. Porto Alegre:  
Bookman, 2001.

**APÊNDICE A – AVALIAÇÃO DA DUREZA SUPERFICIAL PELO ESCLERÔMETRO**

<b>CONCRETO ENDURECIDO: AVALIAÇÃO DA DUREZA SUPERFICIAL PELO ESCLERÔMETRO DE REFLEXÃO - ABNT NBR 7584/2012</b>
--

INFORMAÇÕES DO EQUIPAMENTO	
Modelo: WM-255	Tipo: Analógico
Marca: NDT	Nº de Fabricação:

Pontos	Elemento Estrutural Analisado		
	P 15	P 51	P 30
1	36	41	38
2	25	39	44
3	37	36	41
4	25	38	41
5	33	36	34
6	38	30	45
7	38	35	41
8	39	33	43
9	44	33	42
10	36	32	44
11	42	36	42
12	38	36	40
13	34	30	42
14	32	35	46
15	34	34	44
16	31	36	44
Média I	35,13	35,00	41,94

Média II	35,60	35,00	42,21
I.E. Corrigido (xFc)	36,10	35,49	42,80
Resistência (Mpa)	27,58	26,90	37,85

INFORMAÇÕES DA AVALIAÇÃO
Data: _____ / _____ / _____
Endereço: 2º Subsolo

FATOR DE CORREÇÃO (Fc)	
Pontos	Leitura
1	79
2	79
3	78
4	79
5	79
6	78
7	78
8	80
9	80
10	79
Média	78,90
I.E. (Fabricante)	80
Fator de Correção	1,0139

*\*I.E. = Índice Esclerométrico*

**CONCRETO ENDURECIDO: AVALIAÇÃO DA DUREZA SUPERFICIAL PELO  
ESCLERÔMETRO DE REFLEXÃO - ABNT NBR 7584/2012**

INFORMAÇÕES DO EQUIPAMENTO	
Modelo: WM-255	Tipo: Analógico
Marca: NDT	Nº de Fabricação:

INFORMAÇÕES DA AVALIAÇÃO
Data: _____ / _____ / _____
Endereço: <b>1º Subsolo</b>

FATOR DE CORREÇÃO (Fc)	
Pontos	Leitura
1	79
2	79
3	78
4	79
5	79
6	78
7	78
8	80
9	80
10	79
Média	78,90
I.E. (Fabricante)	80
Fator de Correção	1,0139

*\*I.E. = Índice Esclerométrico*

Pontos	Elemento Estrutural Analisado		
	P 45	P 29	P 51
1	41	44	36
2	47	39	36
3	46	42	39
4	46	39	41
5	42	39	41
6	48	41	42
7	46	41	44
8	41	41	46



9	43	42	42
10	44	39	46
11	47	34	38
12	44	43	42
13	42	35	36
14	44	37	42
15	44	32	38
16	44	36	38
Média I	44,31	39,00	40,44
Média II	44,31	39,64	40,64
I.E. Corrigido (xFc)	44,93	40,19	41,20
Resistência (Mpa)	41,30	34,40	35,20

**CONCRETO ENDURECIDO: AVALIAÇÃO DA DUREZA SUPERFICIAL PELO ESCLERÔMETRO DE REFLEXÃO - ABNT NBR 7584/2012**

INFORMAÇÕES DO EQUIPAMENTO	
Modelo: WM-255	Tipo: Analógico
Marca: NDT	Nº de Fabricação:

INFORMAÇÕES DA AVALIAÇÃO
Data: _____ / _____ / _____
Endereço: <b>Térreo</b>

FATOR DE CORREÇÃO (Fc)	
Pontos	Leitura
1	79
2	79
3	78
4	79
5	79
6	78
7	78

8	80
9	80
10	79
Média	78,90
I.E. (Fabricante)	80
Fator de Correção	1,0139

*\*I.E. = Índice Esclerométrico*

Pontos	Elemento Estrutural Analisado		
	P 7	P 13	P 31
1	42	41	39
2	42	43	45
3	43	44	37
4	41	48	46
5	42	46	45
6	40	44	47
7	42	46	48
8	42	44	45
9	42	47	46
10	42	43	44
11	42	45	45
12	46	38	48
13	45	43	46
14	52	45	48
15	41	45	47
16	46	43	46
Média I	43,13	44,06	45,13
Média II	42,53	44,47	46,14
I.E. Corrigido (x <sub>Fc</sub> )	43,13	45,09	46,79
Resistência (Mpa)	37,85	41,30	51,65

# PERFORMANCE ACÚSTICA DO SISTEMA DE VEDAÇÃO EM BLOCO DE CONCRETO PREENCHIDO COM ARGAMASSA: ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÃO HABITACIONAL

## PERFORMANCE ACÚSTICA DO SISTEMA DE VEDAÇÃO EM BLOCO DE CONCRETO PREENCHIDO COM ARGAMASSA COM VERMICULITA: ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÃO HABITACIONAL

Clarice Cavalcante Daga<sup>1</sup>  
Neusa Maria Bezerra Mota

### 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, as reclamações causadas pelos ruídos crescem cada vez mais, isto ocorre devido a alguns fatores, tais como a maior utilização de equipamentos eletrônicos, fachadas muito expostas e sem tratamento adequado e economia na isolamento de interfaces de unidades distintas (NETO, 2006).

Um dos problemas relacionados ao mau desempenho acústico ocorre quando não há uma preocupação na fase de projeto e as intervenções necessárias na execução exigem grande aplicação financeira.

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado como pré-requisito para obtenção do Certificado de Conclusão do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Projeto, Execução e Manutenção de Edificações. Orientadora: Prof<sup>a</sup> Neusa Maria Bezerra Mota, DSc

Assim como o uso do bloco cerâmico o uso do bloco de concreto também é bastante comum e antigo. Atualmente na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) oferece três normas de grande importância que podem ser citadas para utilização deste material que são ABNT NBR 12.118/2014, ABNT NBR 16.522/2016 e ABNT NBR 6.136/2016. Estas normas especificam métodos de ensaio, o procedimento de preparo e estabelece os requisitos para produção e aceitação de blocos vazados de concreto simples, destinados à execução de alvenaria com ou sem função estrutural.

Após a publicação da ABNT NBR 15.575/2013, valores mínimos de desempenho quanto ao isolamento acústico entre cômodos passaram a ser exigidos. Esta norma introduz uma perspectiva diferente a área de engenharia e possibilita inovação e isto se deve a gama de sistemas construtivos possíveis para atingir o resultado mínimo exigido. A abrangência e os requisitos de desempenho nela caracterizados conferem à esta norma grande potencial de impacto sobre os incorporadores, construtores, projetistas, fabricantes de materiais, componentes e sistemas e responsáveis pelo controle tecnológico. Além desses atores, já presentes no processo de implantação da edificação habitacional, a norma contempla também o usuário, interveniente novo a ser incumbido de responsabilidade para o pleno cumprimento dos requisitos.

Com a constante busca ao atendimento dessas exigências, muitos construtores têm investido na obtenção de resultados do índice de redução sonora de divisórias em alvenarias de blocos cerâmicos ou concreto (JUNIOR, SILVA e PINHEIRO, 2015).

Independentemente do tipo bloco utilizado na construção de edifícios residenciais, o conforto acústico é um dos itens mais desejados dos usuários. O ambiente de uma edificação deve propiciar ao usuário conforto e privacidade acústica condizentes à finalidade do ambiente, sobretudo quando se destina a áreas de longa permanência que necessitam de locais tranquilos como residências e trabalho intelectual (BARRY, 2008).

No entanto, elementos construtivos como, por exemplo, paredes em blocos de concreto preenchido com argamassa não têm sido alvo destas investigações com tanto fomento.

O ruído que causa maior incômodo é o da vizinhança e é composto pelos níveis gerados por vizinhos, crianças e animais, perdendo apenas para o ruído do tráfego rodoviário (UTLEY e BULLER, 1988).

Os incômodos dos níveis de ruído entre unidades distintas refletem a necessidade de haver um bom isolamento acústico. No estudo de PAIXÃO (2002) o foco é o desempenho da alvenaria de bloco cerâmico se tratando de uma pesquisa sobre isolamento acústico, neste enfoque já foram publicados diversos estudos relacionados ao desempenho acústico de materiais utilizados na construção civil.

No estudo apresentado serão confrontados os valores dos dados experimentais e analíticos com os limites mínimos de isolamento estabelecidos em normas para o desempenho acústico, onde os dados experimentais serão obtidos por ensaios em uma edificação habitacional e os dados analíticos através de cálculos teóricos.

Neste sentido os blocos de concreto preenchidos com argamassa serão analisados quanto a sua isolação sonora em variação de área de aplicação, volumetria do ambiente e tipo de revestimento.

O estudo do potencial acústico desse método construtivo visa contribuir com o conforto dos usuários de edificações construídas em bloco de concreto preenchido com argamassa e, ao mesmo tempo, incentivar a realização de outros trabalhos, com novos materiais e técnicas construtivas.

## **2 JUSTIFICATIVA**

As pesquisas sobre bloco de concreto estão bastante difundidas, porém, não existem estudos sobre o desempenho acústico do bloco de concreto preenchido com argamassa. O dado resultante desta pesquisa auxilia no projeto de edificações habitacionais para atendimento a norma de desempenho ABNT NBR 15.575 utilizando o sistema de vedação em bloco de concreto já conhecido acrescido com o

preenchimento em argamassa, pois, a adição de materiais para atingir o desempenho mínimo exigido na referida norma exige maior custo a obra.

O objetivo desta pesquisa é analisar o desempenho acústico de bloco de concreto preenchido com argamassa em três unidades habitacionais. A avaliação será composta pelas seguintes etapas:

- Determinar o  $DnT'w$  por meio de método analítico;
- Determinar o  $DnT'w$  por meio de ensaio experimental;
- Comparar os dados obtidos com os limites normativos;
- Comparar os resultados obtidos com os limites normativos.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

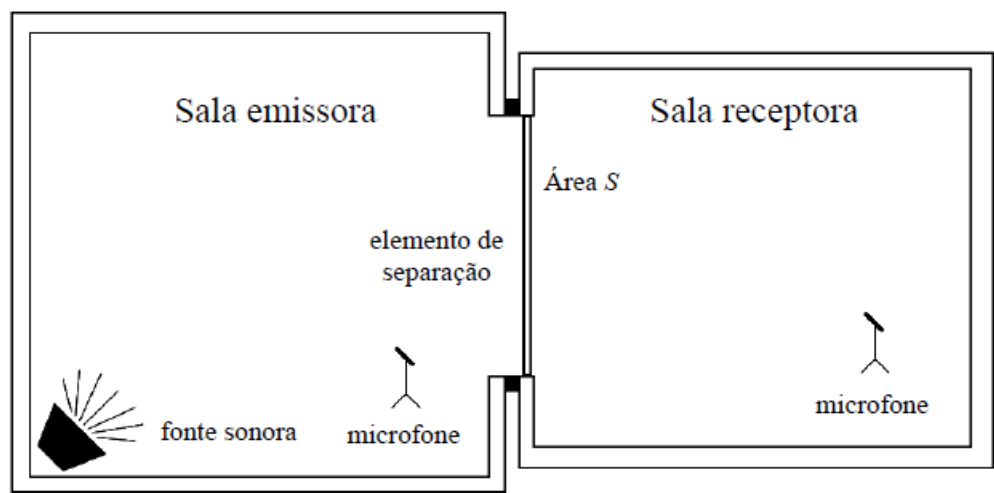
#### **3.1 Desempenho acústico**

A edificação habitacional deve proporcionar conforto e privacidade acústica aos seus usuários, assegurando a não inteligibilidade da comunicação verbal entre ambientes adjacentes, isto deve ocorrer através tanto do isolamento sonoro adequado entre unidades do próprio edifício, como do isolamento sonoro adequado das fachadas com relação aos ruídos aéreos provenientes de fontes externas à habitação (MICHALSKI, 2011).

#### **3.2 Isolamento sonoro**

Nas medições de isolamento sonoro entre duas salas, uma das salas é considerada a sala emissora, na qual o som é gerado, e a outra sala, a sala receptora, conforme ilustrado na Figura 1:

Figura 1 - Medição de isolamento sonoro aéreo entre ambientes.



Fonte: MICHALSKI (2011)

A medição é realizada gerando-se um sinal de excitação na sala emissora e medindo-se a diferença de nível D em diferentes bandas de frequência (oitavas ou terço de oitavas) entre as salas, em dB.

### 3.3 Valores de isolamento estabelecidos pelas normas brasileiras

Os níveis de ruído para o conforto acústico interno das edificações são definidos na ABNT NBR 10152 (1987), na qual tem o objetivo de fixar os níveis de ruído sendo que os níveis inferiores são de conforto e os superiores limites máximos admitidos.

Tabela 1 – Valores dB(A) e NC.

Residências	dB(A)	NC
Dormitórios	35-45	30-40
Salas de estar	40-50	35-45

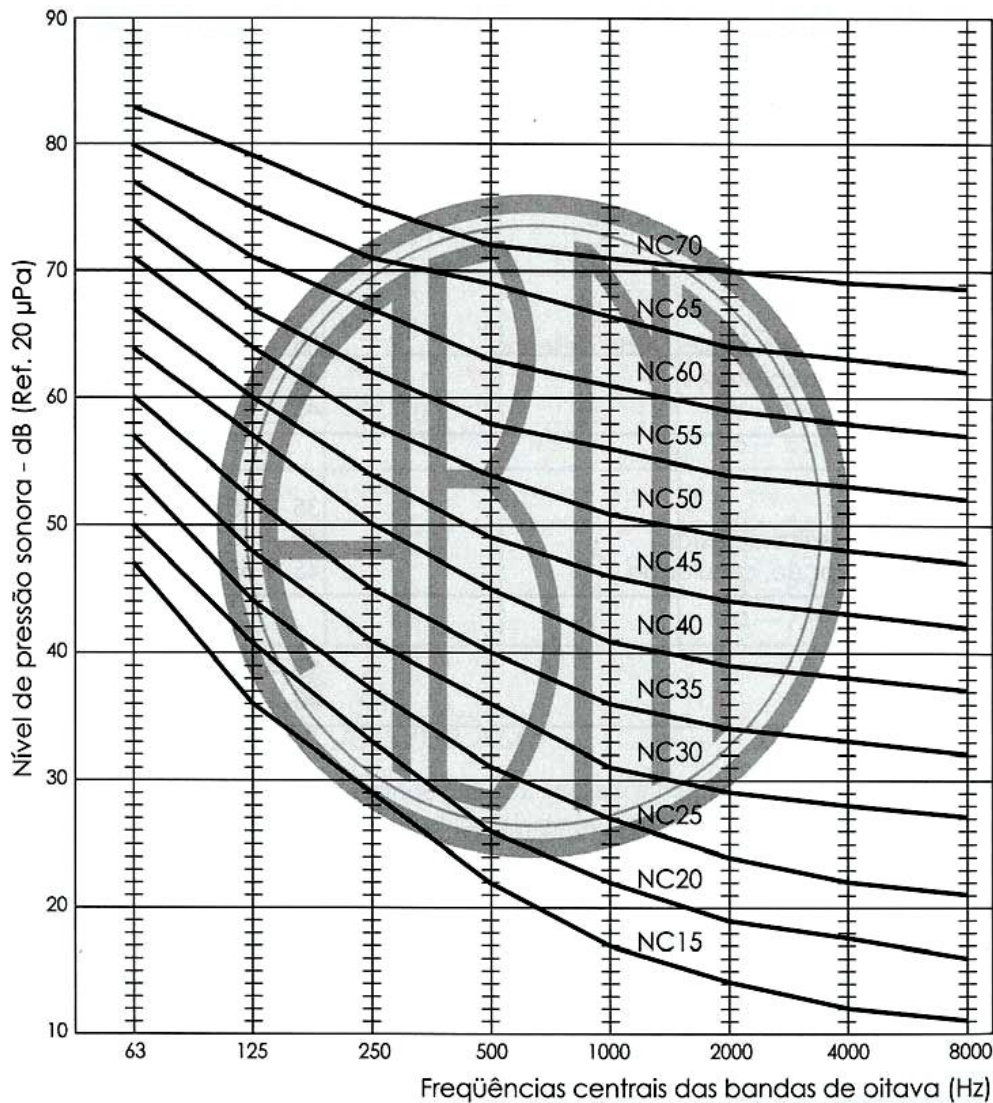
Fonte: ABNT NBR 10152, (1987)

O método mais utilizado para avaliar o ruído de fundo de um ambiente é o método NC (Noise Critereria), curvas de avaliação de ruído. Cada curva NC é

definida por um valor de NPS (Nível de Pressão Sonora) para cada faixa de frequência.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece os níveis sonoros de conforto e os níveis aceitáveis para cada tipologia do edifício conforme Figura 2.

Figura 2 – Curva de avaliação de ruído (Noise Criteria)



Fonte: NBR 10152 (1987)



Para determinação do valor da diferença padronizada de nível ponderada  $DnT,w$  entre os ambientes, o valor é obtido a partir do conjunto de valores de diferença padronizada de nível e serão utilizados os parâmetros da ABNT NBR 15575. Neste critério, a análise dos dados deve ser feita a partir da Tabela 2.

**Tabela 2** – Valores recomendados da diferença padronizada de nível, ponderada entre ambientes,  $DnT,w$ , para ensaios de campo.

Elemento	$DnT,w$ (dB)	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (paredes de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (paredes de geminação), caso um dos ambientes seja dormitório	45 a 49	M
	50 a 55	I
	≥55	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual como corredores e escadaria dos pavimentos	30 a 34	M
	35 a 39	I
	≥40	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M
	50 a 55	I
	≥55	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ( $DnT,w$ obtida entre as unidades	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S
Legenda : M - Mínimo , I - Intermediário , S - Superior		

Fonte: ABNT NBR 15575 (2013)

A referida norma possui três níveis de avaliação sendo o Mínimo o menor critério para atendimento a norma e o Superior referente ao conforto.

### 3.4 Valores de isolamento estabelecidos de outros países

Vários países possuem algum tipo de regulamentação de isolamento sonoro em edificações, e dentre esses praticamente todos apresentam critérios mais exigentes que os propostos na norma brasileira de desempenho. A Tabela 3 apresenta exemplos de critérios de alguns países para o isolamento sonoro aéreo mínimo exigido entre ambientes.

Tabela 3 - Critérios internacionais para isolamento sonoro entre ambientes

País	Tipo de regulamentação	Critério mínimo de isolamento
África do Sul	Regulamentação específica	DnT'w=45 dB
França	Regulamentação específica	DnT,w +Ctr= 53 dB
Holanda	Norma NEM 1070	DnT,w +C= 52 a 57 dB
Nova Zelândia	Código de edificações	DnT, w +Ctr= 55 dB
Portugal	Regulamentação específica	Dn,w= 50 dB
Reino Unido	Regulamentação específica	DnT,w +Ctr= 45 dB

Fonte: Adaptado BARRY (2008)

### 3.5 Dados experimentais

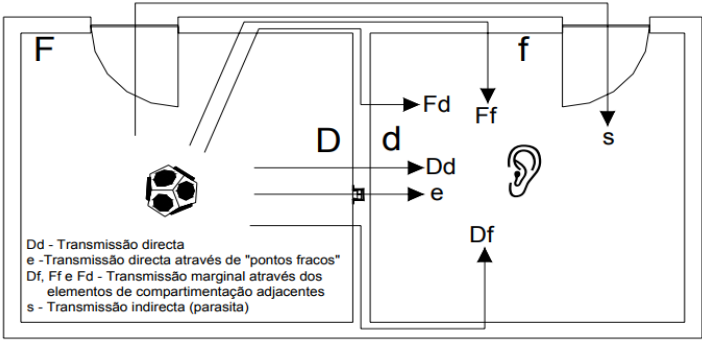
As medições de isolamento sonoro aéreo podem ser realizadas com três técnicas diferentes: o método chamado clássico, bastante utilizado mundialmente, se baseia em medições diretas dos níveis de pressão sonora na qual é descrito na ISO 16283 (2015); um método mais novo, ainda pouco utilizado, baseado em medições de funções de transferência ou respostas impulsivas e abordado na ISO 18233 (2006); e o terceiro método, que utiliza medições de intensidade sonora e é descrito na ISO 15186-2 (2003). Neste trabalho será utilizada a ISO 16283-2 (2015), embora os parâmetros de isolamento sonoro medidos de acordo com a referida norma dependam da frequência, eles podem ser expressos por valores ponderados ou globais determinados a partir dos valores individuais para as diversas bandas de frequência. Esses valores ponderados são números únicos (independentes da frequência) obtidos de acordo com o procedimento descrito na ISO 717-1 (2013).

### 3.6 Dados analíticos

A propagação do ruído acontece de forma direta, quando existe um elemento de separação comum aos dois compartimentos, e também ocorre por outras vias de transmissão existentes que são através dos elementos adjacentes ou de espaços laterais, o que se denomina de transmissão marginal. As vias marginais de transmissão sonora influenciam diretamente no resultado final de isolamento do elemento de separação e assim diminui o isolamento acústico do mesmo.

Na Figura 2 são ilustrados os diferentes caminhos de transmissão estrutural do ruído aéreo gerado no compartimento emissor de acordo com a ISO 140-1.

Figura 3: Caminhos de transmissão possíveis entre duas salas adjacentes



Fonte: Acústica de edifícios (2008)

A energia sonora total estabelecida no compartimento receptor, proveniente da excitação aérea produzida no espaço de emissão do ruído segundo a Norma EN ISO 12354-1, o fator de transmissão  $\tau'$  é dado por:

$$\tau' = \tau_d + \sum_{f=1}^n \tau_f + \sum_{e=1}^m \tau_e + \sum_{s=1}^k \tau_s,$$

$\tau'$  – Coeficiente de transmissão da energia sonora total radiada para o compartimento receptor

$\tau_d$  - Coeficiente de transmissão da energia sonora radiada para o compartimento receptor, por via direta, ou seja, pelo próprio elemento de separação;

$\tau_f$  - Coeficiente de transmissão da energia sonora radiada para o compartimento receptor pelos elementos marginais;

$\tau_e$  - Coeficiente de transmissão da energia sonora radiada para o compartimento receptor por pequenos elementos através dos quais podem ocorrer

transmissão por via direta (exemplo: abertura de janelas ou sistemas de ventilação dispostos no elemento de separação);

$\tau_s$  - Coeficiente de transmissão da energia sonora radiada para o compartimento receptor por outras vias de transmissão indireta (como a propagação pelo exterior do edifício, através das janelas dos respectivos compartimentos ou, no caso de verificação do isolamento entre espaços de um mesmo elemento a que possa ocorrer por zonas comuns, tipo corredores internos);

n - Número total de elementos marginais;

m - Número de pequenos elementos;

k - Número de vias de transmissão indireta.

Considerando que  $\tau_e = \tau_s = 0$ , a redução sonora aparente global,  $R'w$ , é determinada apenas a partir da transmissão direta e da transmissão por via marginal, sendo caracterizada pelos índices de redução sonora parciais  $R_{ij}$ , associados aos caminhos apresentados na Figura 2, através de:

$$R'w = 10 * \log( 10^{-0,1*R_{DD}} + \sum 10^{-0,1*R_{Ff}} + \sum 10^{-0,1*R_{Df}} + \sum 10^{-0,1*R_{Fd}} )$$

Onde os índices  $R_{ij}$ , expressos em dB, são determinados por:

$$R_{DD} = R_{Dd} + (\Delta R_{de} + 0,5 \Delta R_{dr})$$

$$R_{Ff} = 0,5( R_{fe} + R_{fr} ) + \Delta R_{Ff} + K_{ff} + 10\log( S/L_f ) \quad R_{Df} = 0,5( R_{fe} + R_{fr} ) + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10\log( S/L_f )$$

$$R_{Fd} = 0,5( R_{fe} + R_{fr} ) + \Delta R_{Fd} + K_{Fd} + 10\log( S/L_f )$$

$$R_{Df} = 0,5( R_{fe} + R_{fr} ) + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10\log( S/L_f )$$

Onde:

$R_{F,w}$  - Índice de redução sonora do elemento marginal F, no compartimento emissor;

$R_{f,w}$  - Índice de redução sonora do elemento marginal f, no compartimento receptor;

$\Delta R_{Ff,w}$  - Acréscimo de isolamento sonoro, por introdução de um revestimento adicional, colocado nos elementos marginais do espaço emissor e/ou receptor;

$\Delta R_{Fd,w}$  - Acréscimo de isolamento sonoro, por introdução de revestimento adicional, colocado no elemento marginal do espaço emissor e/ou no elemento de separação, no lado do espaço receptor;

$\Delta R_{Df,w}$  - Acréscimo de isolamento sonoro, por introdução de revestimento adicional, colocado no elemento de separação no lado do espaço emissor e/ou no elemento marginal do espaço receptor;

$K_{Ff}$  - Índice de redução de transmissão de vibrações pelo percurso Ff;

$K_{Fd}$  - Índice de redução de transmissão de vibrações pelo percurso Fd;

$K_{Df}$  - Índice de redução de transmissão de vibrações pelo percurso Df;

$S_s$  - Área da superfície do elemento de separação ( $m^2$ );

$l_f$  - Comprimento de linha de junção entre o elemento de separação e os elementos marginais F e f (m);

$l_o$  - Comprimento de referência da linha de junção ( $l_o = 1m$ ).

Para verificação de acordo com os órgãos regulamentadores o parametro utilizado é o  $D_{nT,w}$ , o qual corresponde à diferença padronizada de níveis sonoros, traduzida por:

$$D_{nT,w} = L_{p1} - L_{p2} + 10 \log \frac{T_2}{T_0}$$

Onde:

$T_2$  – É o tempo de reverberação do compartimento receptor e  $T_0 = 0,5$  (s) é o valor de referência desse tempo de reverberação.

Para campos sonoros difusos, o parâmetro  $D_{nT,w}$  relaciona-se com a redução sonora aparente  $R'_w$  por meio de:

$$D_{nT,w} = R'_w + 10 * \log\left(0,32 * \frac{V}{S_s}\right)$$

Onde:

V – É o volume do compartimento receptor;

$S_s$  - É a área particionada do elemento a ser avaliado.

Para definição dos índices de redução sonora será utilizada a lei da massa na qual indica que o isolamento aumenta em aproximadamente 6dB para cada duplicação da massa. Esse aumento deve ser observado juntamente com o aumento do isolamento, em função da frequência, também de aproximadamente 6 dB por oitava. Porém essa lei não se aplica para qualquer frequência. A experiência mostra que, para frequências baixas, inferiores à de ressonância, o isolamento não segue a lei da massa e depende das características de rigidez do fechamento. Para frequências superiores a de ressonância, o isolamento é controlado pela lei da massa até uma certa frequência, onde se produz uma nova diminuição do isolamento.

Para frequências acima das primeiras frequências de ressonância do elemento construtivo de separação, a transmissão sonora é controlada pela massa superficial  $m''$  do elemento de separação, tendo presente o facto de o comprimento de onda ser mais pequeno do que as dimensões do elemento (BERANEK, 2006). Neste trabalho, é válida a lei da massa, traduzida por um coeficiente de transmissão dado por:

$$\tau(\beta, f) = \left(\frac{\rho_0 c_0}{m'' f \pi \cos \beta}\right)^2$$

Onde:

$m''$  - Massa superficial do elemento de separação (kg/m<sup>2</sup>);

$f$  - Frequência da onda sonora (Hz);

$\beta$  – Ângulo de incidência das ondas no elemento de separação.

Simplificando a expressão, para condições de pressão e temperatura standard, verifica-se, que o correspondente índice de redução sonora é dado por:

$$R \approx 20 \log(m'' f \cos \beta) - 43$$

A incidência das ondas sonoras pode ser normal ( $\beta=0^\circ$ ), a  $45^\circ$  (em fachadas) ou de ângulo variável e aleatório como ocorre nos campos difusos.

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 4.1 Dados analíticos

A previsão do isolamento sonoro através de expressões analíticas vem sendo amplamente estudada visando resultados que traduzam a transmissão do som pelos painéis que se aproximem dos resultados experimentais. Para analisar os painéis maciços utilizou-se a Lei da Massa (FAHY, 1998; GERGES, 2000; KINSLER, 1982).

Os parâmetros utilizados são a frequência ( $f$ ), em Hz, a densidade superficial ( $m$ ), em kg/m<sup>2</sup>, a densidade do ar ( $\rho_0$ ), em kg/m<sup>3</sup>, e a velocidade do som no ar ( $c_0$ ), em m/s, de acordo com a Equação a seguir:

$$PT = 10 \log \frac{mf\pi}{\rho c}$$

### 4.2 Dados experimentais

Para realização dos ensaios foi utilizado protetor auditivo devido ao alto nível de ruído gerado durante o procedimento.

Para caracterização do ambiente foram registrados os dados abaixo:

Temperatura: 23°C

Umidade: 63%

Primeiramente foram realizadas as medidas de ruído de fundo e após a coleta garantiu-se que o ruído gerado pelo amplificador era superior em 10 dB para realização das outras medições.

O número de pontos de medição avaliados em cada sala foi determinado em função das dimensões destes ambientes, cuidando-se sempre para respeitar a distância mínima de 1 m entre a parede e o microfone. O procedimento de medição utilizado para a determinação dos coeficientes de isolamento consistiu em gerar um sinal do tipo ruído rosa, com o analisador acústico BK 2250, amplificá-lo utilizando o amplificador de potência, para distribuí-lo pelo ambiente com a fonte sonora. As medições de tempo de reverberação foram realizadas com as salas sem mobílias e sem ocupantes na qual é a situação de entrega do imóvel.

Para determinação de um coeficiente único, que representa o resultado da medição dos parâmetros acústicos obtidos, é utilizado o método gráfico descrito na norma ISO 717-1, gerando os números únicos para cada elemento construtivo avaliado.

Após as medições em campo, os dados foram descarregados no software BZ 5503 que processa todos os dados medidos e fornece com precisão o valor único de isolamento sonoro. Esses foram processados de acordo com as normas ISO 140-4, ISO 140-5 e ISO 717-1.

A execução das medições foi uma tarefa que exigiu bastante esforço de logística e planejamento, devido ao transporte dos equipamentos, à distribuição destes no ambiente e ao ruído gerado durante o processo de medição.

As normas sugerem que para realização das medições a fonte sonora deve ser colocada de modo a gerar um campo o mais difuso possível, a uma distância do elemento a ser medido que faça com que a radiação direta sobre ele não seja dominante, para isso as medições foram realizadas a uma distância mínima de 1,5m.



Foram medidos em cinco pontos no interior da sala, sempre respeitando a distância mínima de 0,7 m entre posições de medição e não formando grade entre posições.

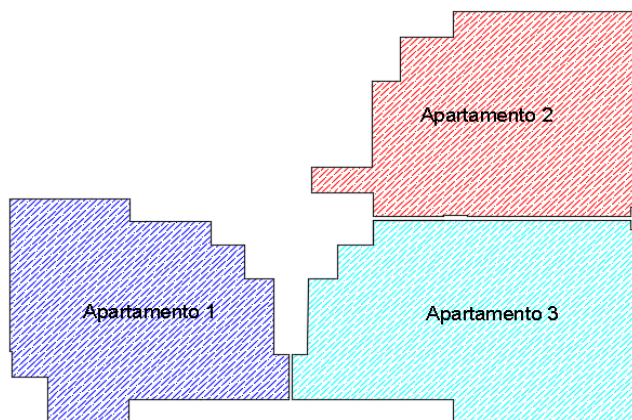
Em todas as medições foram realizadas a verificação do ruído de fundo na sala receptora, pois, se a diferença entre este nível e o nível na sala receptora for menor que 3 dB, a medição não será válida, porque o nível não pode ser obtido. Porém se essa diferença estiver entre 3 dB e 10 dB, devem-se corrigir os valores pela tabela de correção das normas ISO 16283-1(2014) e ISSO 16283-3 (2016), no caso em estudo não foi necessária correção pois todos os níveis estavam acima de 10dB.

O procedimento de medição utilizado para a determinação dos coeficientes de isolamento entre cômodos consistiu em gerar um sinal do tipo ruído branco, com o analisador acústico BK 2250, amplificá-lo utilizando um amplificador de potência e, então, distribuí-lo pelo ambiente através de uma fonte sonora.

Foi também medido o tempo de reverberação para que fossem efetuadas as correções devido às áreas de absorção das salas de recepção. Para cada ponto de medição foram feitas cinco medições do tempo de reverberação e posteriormente calculada a média, conforme determinam as normas. Caso alguma medição obtivesse um desvio elevado a medição era descartada para que os valores fora da área de concentração fossem influenciados. Os dados foram processados pelo software acústico BZ 5503 – *Measurement Partner Suite*.

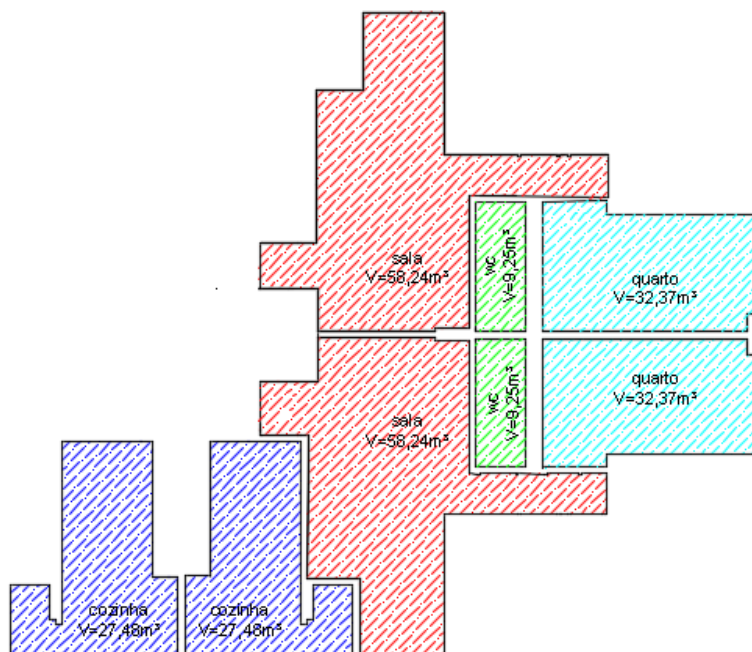
Como saída de dados, obtiveram-se os gráficos que apresentam os níveis de isolamento acústico dos cômodos avaliados em bandas de frequência de 1/3 de oitava e o número único de isolamento acústico destacado que foi calculado seguindo os preceitos da norma ISO 717-1(2013).

Para realização dos ensaios foram necessárias três unidades habitacionais.

**Figura 4:** Planta baixa dos apartamentos utilizados no estudo

Fonte: Arquivo pessoal

Os elementos de separação das suítes e das salas são compostos de blocos de concreto de vedação com as dimensões de 14x19x39cm, preenchido com argamassa com traço de cimento e areia de 1:7, rebocadas em ambos os lados com reboco de 1,5cm e acabamento final em pintura. Já as paredes entre as cozinhas e o os banheiros (wc) são compostas de blocos de concreto de vedação com as dimensões de 14x19x39cm, preenchido com argamassa com traço de cimento e areia de 1:7, rebocadas em ambos os lados com reboco de 1,5cm e acabamento final em cerâmica em ambos os lados.

**Figura 5:** Planta baixa do cômodos utilizados no estudo

Fonte: Arquivo pessoal

### 4.3 Equipamentos

Os aparelhos utilizados foram:

- Medidor de nível sonoro de classe 1, marca Brüel & Kjaer, modelo 2250;
- Conjunto de microfones tipo free field ½" Brüel & Kjaer;
- Tripé para medidor;
- Calibrador acústico marca Bruel & Kjaer
- Fonte sonora;
- Trena.

Para realização das análises utilizou-se o Software Measurement Partner Suit BZ-5503 Bruel & Kjaer.

5 RESULTADOS

Após avaliação dos dados coletados foram descartadas as medições e os cálculos realizados para o elemento separador da cozinha. Isto ocorreu devido aos ambientes não oferecerem as condições mínimas para avaliação do elemento de vedação.

5.1 Dados analíticos

Cálculo do nível de isolamento do ruído aéreo para a partição de vedação WC/WC a partir do cálculo de transmissão direta e marginais.

Tabela 4 – Nível de isolamento ao ruído aéreo entre wc's

Contribuição direta									
Direto/ direto			Ss	V	$R_{Dd}$	$\Delta R_{de}$	$\Delta R_{dr}$	$R_{DD}$	
			2,86	9,25	46			46	
Contribuição Flanco/ direto									
i	$R_{fe}$	$R_{fr}$	$\Delta R_{de}$	$\Delta R_{dr}$	$\Delta R_{fd}$	$\Delta K_{fd}$	Ss	L	$R_{fd}$
1	39	46			0		2,86	2,6	42,91393
2	39	46			0		2,86	2,6	42,91393
3	50	46			0		2,86	1,1	52,14973
4	50	46			0		2,86	1,1	52,14973
$\Sigma$									190,1273
Contribuição Direto/ flanco									
i	$R_{fe}$	$R_{fr}$	$\Delta R_{de}$	$\Delta R_{dr}$	$\Delta R_{df}$	$\Delta K_{df}$	Ss	L	$R_{df}$
1	46	39			0		2,86	2,6	42,91393
2	46	39			0		2,86	2,6	42,91393
3	46	50			0		2,86	1,1	52,14973
4	46	50			0		2,86	1,1	52,14973
$\Sigma$									190,1273
Contribuição Flanco / flanco									
i	$R_{fe}$	$R_{fr}$	$\Delta R_{de}$	$\Delta R_{dr}$	$\Delta R_{ff}$	$\Delta K_{ff}$	Ss	L	$R_{ff}$
1	39	39			0		2,86	2,6	39,41393
2	39	39			0		2,86	2,6	39,41393
3	50	50			0		2,86	1,1	54,14973
4	50	50			0		2,86	1,1	54,14973
$\Sigma$									187,1273
Índice global de redução acústica aparente R'									46
DnT,w									46,14926

Cálculo do nível de isolamento do ruído aéreo para a partição de vedação SUÍTE/SUÍTE a partir do cálculo de transmissão direta e marginais.

Tabela 5 – Nível de isolamento ao ruído aéreo entre suítes

Contribuição direta									
Direto/ direto			Ss	V	$R_{Dd}$	$\Delta R_{de}$	$\Delta R_{dr}$	$R_{DD}$	
			11,765	32,37	46			46	
Contribuição Flanco/ direto									
i	$R_{fe}$	$R_{fr}$	$\Delta R_{de}$	$\Delta R_{dr}$	$\Delta R_{fd}$	$\Delta K_{fd}$	Ss	L	$R_{fd}$
1	39	46			0		11,765	2,6	49,05619
2	39	46			0		11,765	2,6	49,05619
3	50	46			0		11,765	4,52	52,15453
4	50	46			0		11,765	4,52	52,15453
$\Sigma$									202,4214
Contribuição Direto/ flanco									
i	$R_{fe}$	$R_{fr}$	$\Delta R_{de}$	$\Delta R_{dr}$	$\Delta R_{df}$	$\Delta K_{df}$	Ss	L	$R_{df}$
1	46	39			0		11,765	2,6	49,05619
2	46	39			0		11,765	2,6	49,05619
3	46	50			0		11,765	4,52	52,15453
4	46	50			0		11,765	4,52	52,15453
$\Sigma$									202,4214
Contribuição Flanco / flanco									
i	$R_{fe}$	$R_{fr}$	$\Delta R_{de}$	$\Delta R_{dr}$	$\Delta R_{ff}$	$\Delta K_{ff}$	Ss	L	$R_{ff}$
1	39	39			0		11,765	2,6	45,55619
2	39	39			0		11,765	2,6	45,55619
3	50	50			0		11,765	4,52	54,15453
4	50	50			0		11,765	4,52	54,15453
$\Sigma$									199,4214
Índice global de redução acústica aparente R'									46
DnT,w									45,44701

Cálculo do nível de isolamento do ruído aéreo para a partição de vedação SALA/SALA a partir do cálculo de transmissão direta e marginais.

Tabela 6 – Nível de isolamento ao ruído aéreo entre salas

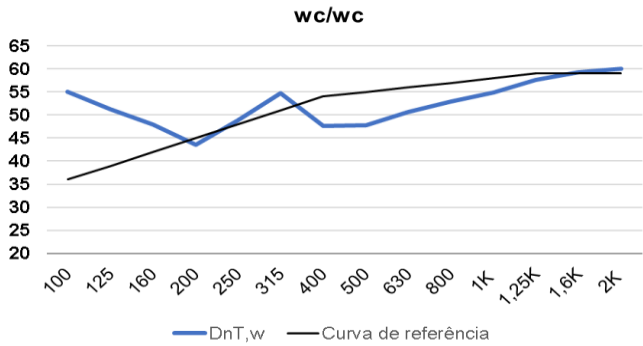
Contribuição direta									
Direto/ direto		Ss	V	$R_{Dd}$	$\Delta R_{de}$	$\Delta R_{dr}$	$R_{DD}$		
		6,78	58,24	46			46		
Contribuição Flanco/ direto									
i	$R_{fe}$	$R_{fr}$	$\Delta R_{de}$	$\Delta R_{dr}$	$\Delta R_{fd}$	$\Delta K_{fd}$	Ss	L	$R_{fd}$
1	39	46			0		6,78	2,6	46,66256
2	39	46			0		6,78	2,6	46,66256
3	50	46			0		6,78	2,61	52,14589
4	50	46			0		6,78	2,61	52,14589
$\Sigma$									197,6169
Contribuição Direto/ flanco									
i	$R_{fe}$	$R_{fr}$	$\Delta R_{de}$	$\Delta R_{dr}$	$\Delta R_{df}$	$\Delta K_{df}$	Ss	L	$R_{df}$
1	46	39			0		6,78	2,6	46,66256
2	46	39			0		6,78	2,6	46,66256
3	46	50			0		6,78	2,61	52,14589
4	46	50			0		6,78	2,61	52,14589
$\Sigma$									197,6169
Contribuição Flanco / flanco									
i	$R_{fe}$	$R_{fr}$	$\Delta R_{de}$	$\Delta R_{dr}$	$\Delta R_{ff}$	$\Delta K_{ff}$	Ss	L	$R_{ff}$
1	39	39			0		6,78	2,6	43,16256
2	39	39			0		6,78	2,6	43,16256
3	50	50			0		6,78	2,61	54,14589
4	50	50			0		6,78	2,61	54,14589
$\Sigma$									194,6169
Índice global de redução acústica aparente R'									46
DnT,w									50,39142

5.2 Dados experimentais

Obtiveram-se as figuras 6, 7, 8 e 9 que apresentam o isolamento acústico avaliados em bandas de frequência de 1/3 de oitava, e o número único de isolamento acústico, seguindo os preceitos da norma ISO 717-1, calculado automaticamente pelo software BZ 5503.

Medição em campo realizada entre WC/WC seguindo os métodos descritos nas normas vigentes.

Figura 6: Medição do nível de diferença padronizada entre WC

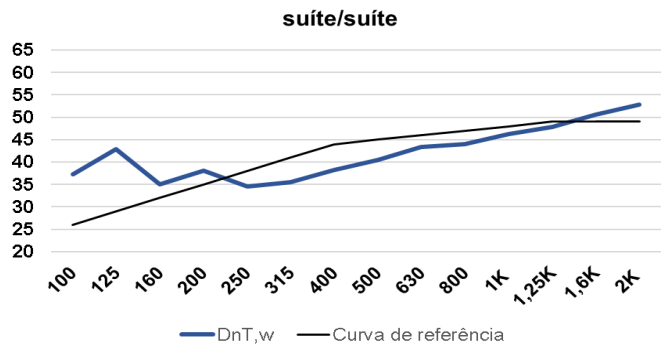


Diferença padronizada de nível ponderada, DnT,w :

Exigido  $\geq 40$ dB / Obtido= 55dB

Medição em campo realizada entre SUÍTE/SUÍTE seguindo os métodos descritos nas normas vigentes.

Figura 7: Medição do nível de diferença padronizada entre suítes

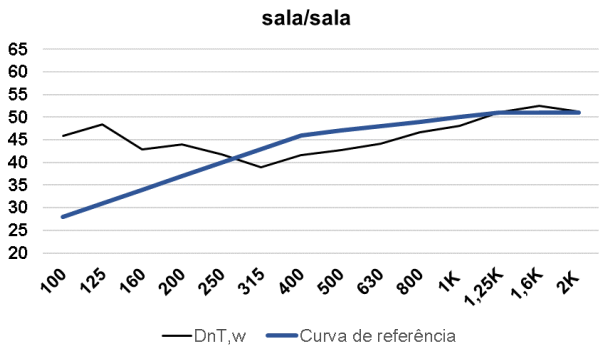


Diferença padronizada de nível ponderada, DnT,w :

Exigido  $\geq 45$ dB / Obtido= 45dB

Medição em campo realizada entre SALA/SALA seguindo os métodos descritos nas normas vigentes.

Figura 8: Medição do nível de diferença padronizada entre salas

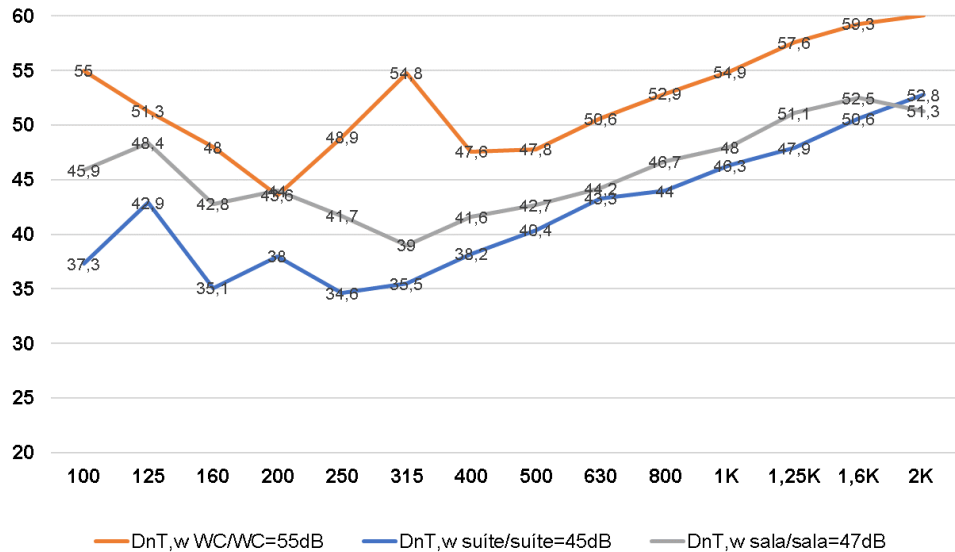


Diferença padronizada de nível ponderada, DnT,w :

Exigido $\geq$ 40dB / Obtido= 47dB

Os valores do ensaio de isolamento por frequência para cada ambiente realizado no estudo estão apresentados na Figura a seguir:

Figura 9: Medição do nível de diferença padronizada





## 6 CONCLUSÕES

Ao final deste trabalho foi possível observar que as medições *in situ* são importantes, uma vez que elas apresentam o desempenho real dos ambientes e elementos construtivos como o presente caso de desempenho referente ao isolamento acústico.

A revisão bibliográfica e o estudo da Norma NBR 15575- Edificações Habitacionais – Desempenho, bem como a ferramenta elaborada para verificação dos níveis de desempenho acústico apresentou uma alternativa às medições, que é o cálculo dos níveis de isolamento sonoro. Essa alternativa é relevante, pois permite avaliar acusticamente a edificação ainda na fase de projeto e também simular possíveis modificações para solucionar deficiências de desempenho apresentadas e com isso diminuir o custo com as intervenções.

Em relação ao Nível de Desempenho vale ressaltar que a execução é um dos fatores que mais influenciam o desempenho final da edificação, como volume dos ambientes, utilizado para corrigir o índice de isolamento; características dos materiais, espessuras e densidade dos mesmos, que interferem no coeficiente de absorção sonora, disposição das esquadrias e a vedação das mesmas, sendo que qualquer fresta é um caminho livre para passagem de som.

Dentre as quatro medições realizadas, três obtiveram resultados positivos, dentro do requisito mínimo estipulado pela Norma de Desempenho e sendo que entre banheiros obtivemos um excelente resultado e entre cozinhas não foi possível atingir o resultado esperado devido a esquadria existente possuir aberturas e impossibilitar a medição do elemento.

O elemento de separação dos banheiros possui o nível de isolamento alto devido a ser um ambiente completamente confinado sem aberturas (janelas), estas nas quais influenciam diretamente neste quesito.

Além dos aspectos ambientais e do atendimento aos usuários, a aplicação do conceito de desempenho também pode ser uma boa oportunidade para a melhoria da qualidade das habitações e da otimização dos recursos, desta forma, concluímos que

os estudos de novos sistemas de vedação são fundamentais para a otimização das soluções adotadas nas novas edificações.

## REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 15575: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho, parte 1 a 6. Rio de Janeiro: 2013.

BARRY, P. J. Apostila do mini-curso: Desempenho Acústico em Edifícios Habitacionais, XXII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica (SOBRAC), Belo Horizonte, Minas Gerais, 26 a 29 de novembro de 2008.

BERANEK, Leo L.; VER, Istvan L. Noise and vibration control engineering-principles and applications. Noise and vibration control engineering-Principles and applications John Wiley & Sons, Inc., 814 p., 1992.

JÚNIOR, O. J. S; SILVA, J. J. R; PINHEIRO, M. A. S. Desempenho Acústico De Divisórias Verticais Em Blocos De Gesso: Uma Avaliação A Partir De Medições De Campo E Em Laboratório. Parc Research In Architecture And Construction, 2015.

ISO 140-1 (1998), Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and building elements – Part 1: Requirements for laboratory test facilities with suppressed flanking transmission, British Standard.

ISO 140-4, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms, International Organization for Standardization, 1998.

ISO 717-1, Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation, International Organization for Standardization, 1996.

ISO 717-2, Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements - Part 2: Impact sound insulation, International Organization for Standardization, 1996.

ISO 10052, Acoustics – Field measurements of airborne and impact sound insulation and of equipment sound - Survey method, International Organization for Standardization, 2004.

ISO 15186, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements using sound intensity, International Organization for Standardization.

ISO 18233, Acoustics – Application of new measurement methods in building and room acoustics, International Organization for Standardization, 2006.

MICHALSKI, R. L. X. N. Metodologias Para Medição De Isolamento Sonoro Em Campo E Para Expressão da Incerteza De Medição Na Avaliação Do Desempenho Acústico De Edificações. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

NETO, M. F. F.; BERTOLI, S. R. Desempenho acústico de paredes de blocos e tijolos cerâmico: uma comparação entre Brasil e Portugal. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 169-180, out./dez. 2010.

PAIXÃO, D. X. Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria, utilizando Análise Estatística de Energia (SEA). 2002. 182 f. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2002.

## ANEXO A



LACEL B&K - Laboratório de Acústica  
Spectra do Brasil Instrumentos Eletrônicos Ltda  
Rua Laguna, 276 Jardim Caravelas - São Paulo / SP  
CEP: 04728-000  
Telefone: (11) 5188-8165  
e-mail: sac@bksv.com

## CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

Certificado Nº: CBR1500549

página 1 de 9

## CALIBRAÇÃO DO CONJUNTO:

Medidor de Nível Sonoro:	Brüel & Kjær	2250	Nº série: 2709669	Identificação: ---
Microfone Capacitivo:	Brüel & Kjær	4189	Nº série: 2695612	
Pré-amplificador:	Brüel & Kjær	ZC-0032	Nº série: 12579	

## CLIENTE:

Implante de Acústica Indústria e Comércio Ltda  
ADECN Q.01 Conjunto B Lote 05 - Ceilândia / DF  
72237-120



Processo LACEL B&K: 208/15

## CONDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO:

Pré-condicionamento: 4 horas em  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Condições ambientais estão descritas nas páginas seguintes e dentro das tolerâncias mencionadas abaixo:

Temperatura ambiente:  $\pm 3 ^\circ\text{C}$

Pressão atmosférica:  $\pm 1 \text{ kPa}$

Umidade relativa:  $\pm 20 \%$

## PROCEDIMENTO:

O Medidor de Nível Sonoro foi calibrado de acordo com os requisitos especificados na IEC 61672-3:2006 para Tipo 1.

## DOCUMENTAÇÃO UTILIZADA:

Procedimento de calibração BPC 12r08 para Medidor de Nível Sonoro, utilizando o Sistema de Calibração B&K 3630.  
Formulário padronizado - BFC SLM 02r01

## INFORMAÇÕES:

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência  $k = 2$ , que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Este certificado atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do laboratório.

Este certificado é válido apenas para o objeto calibrado e não pode ser reproduzido parcialmente sem autorização prévia.

Data da calibração: 12/08/2015

Data de emissão: 13/08/2015

Marcos Allegretti  
Responsável pela Calibração

Marcos Allegretti  
Signatário Autorizado

## ANEXO B



*Spectris do Brasil Instrumentos Eletrônicos Ltda*  
**LACEL B&K** - Laboratório de Acústica  
 Rua Laguna, 276 - Jardim Caravelas - São Paulo / SP  
 CEP: 04728-000

Fone: (11) 5188-8165  
 Fax: (11) 5188-8168  
 e-mail: sac@bksv.com

Página 1 de 2

## CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

Certificado Nº: CBR1500550

### CALIBRAÇÃO DE:

Modelo:	<b>MSL-1326</b>	Código de Identificação:	—
Descrição:	<b>Calibrador Acústico</b>	Classe aplicada:	2
Número de série:	<b>MS1326000186</b>	Normas aplicadas:	<b>IEC 60942:2003</b>
Fabricante:	<b>Minipa</b>		

### CLIENTE:

**Implante de Acústica**  
 Quadra 01 Conjunto B Bloco B Lote 05  
 Bairro Ceilândia - Brasília / DF  
 72237-100



Processo LACEL B&K nº: 208/15

### CONDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO:

Condições ambientais:	Temperatura ambiente:	(22,2 ± 3) °C
	Pressão atmosférica:	(93,99 ± 1) kPa
	Umidade relativa do ar:	(55,3 ± 10) %

### DOCUMENTAÇÃO UTILIZADA:

Procedimento de calibração BPC 22r03 para Calibrador Acústico, utilizando o Sistema de Calibração B&K 7794.  
 Código da calibração utilizado no programa de controle: MSL-1326-BR  
 Formulário padronizado – BFC CNS 04r01

### RESULTADO:

<input type="checkbox"/> Calibração inicial	<input type="checkbox"/> Calibração antes do ajuste
<input checked="" type="checkbox"/> Calibração sem ajuste	<input type="checkbox"/> Calibração após ajuste

### INFORMAÇÕES:

Este certificado atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida.

Declaramos que o ajuste não faz parte do escopo da acreditação do laboratório junto a Cgcre.

Este certificado é válido apenas para o objeto calibrado e não pode ser reproduzido parcialmente sem autorização prévia.

*Cgcre is a signatory of the ILAC and IAAC to Mutual Recognition Arrangement and the Bilateral Agreement on Mutual Recognition with EA.*

Data da calibração: 12/08/2015

Data de emissão: 12/08/2015

Felipe Pereira  
 Responsável pela Calibração

Marcos Allegretti  
 Signatário Autorizado

# PLANO DE MANUTENÇÃO, OPERAÇÃO E CONTROLE PARA CLÍNICA DE HEMODIÁLISE

## MAINTENANCE, OPERATION AND CONTROL PLAN FOR HEMODIALYSIS CLINIC

Marcos Paulo Elias de Moura<sup>1</sup>  
Neusa Maria Bezerra Mota

### RESUMO

O presente trabalho traz como foco principal a implementação de um plano de manutenção em uma clínica de hemodiálise, com desenvolvimento personalizado. Foi utilizada a plataforma da Google para criação de toda a base necessária a implantação do plano de manutenção dos sistemas prediais e, em específico, foi implementado o plano de manutenção para o sistema de ar condicionado. O programa faz o gerenciamento das manutenções, através de cadastro das localidades de cada sistema que compõe a edificação, registro de manutenções preventivas, corretivas e preditivas, assim como seu acompanhamento. Foi elaborado um modelo de ordem de serviço que ao tempo de cada manutenção serão geradas digitalmente para subsidiar a intervenção e o seu controle pelos usuários cadastrados e pelo seu executor. Os dados inseridos no programa são armazenados e utilizados como base de dados para se obter uma visão macro e micro de como está se comportando a edificação e cada um de seus sistemas, gerando relatórios e gráficos que irão facilitar o processo de manutenção e gerenciamento da edificação.

**Palavras-chave:** Plano de Manutenção. Manutenção preventiva. Ordem de Serviço. Gerenciamento.

### ABSTRACT

---

<sup>1</sup> Trabalho acadêmico apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UnICEUB/ICPD) como uma das atividades programadas pelo curso Projeto, Execução e Manutenção de Edificações. Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Neusa Maria Bezerra Mota

The present work has as main focus the implementation of a maintenance plan in a hemodialysis clinic, with personalized development. The Google platform was used to create all the necessary base for the implementation of the building systems maintenance plan and, in particular, the maintenance plan for the air conditioning system was implemented. The program manages maintenance through registration of the locations of each system that makes up the building, record of preventive, corrective and predictive maintenance, as well as its monitoring. A work order model was elaborated that at the time of each maintenance will be digitally generated to subsidize the intervention and its control by the registered users and their executor. The data entered in the program is stored and used as a database to obtain a macro and micro view of how the building is behaving and each of its systems, generating reports and graphs that will facilitate the building maintenance and management process.

**Keywords:** Maintenance Plan. Preventive maintenance. Order of Service. Management

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, atualmente, tem-se vivido uma onda de desastres em obras civis, devido, principalmente, ao envelhecimento das edificações, que chegam ao fim de sua vida útil, sem nenhum tipo de intervenção, ou mesmo de uma inspeção predial realizada por um profissional habilitado; o que acaba culminando nos desastres que recentemente ocorreram pelo Brasil, e em todo tipo de construção, desde obras simples, até as mais elaboradas e de maior complexidade.

No nosso país, grande parte das pessoas realizam revisão periódica em seus veículos com afinco, mas não possuem a cultura da manutenção nas suas edificações, mesmo quando entregue o plano de manutenção das referidas edificações pela construtora. Há uma falsa impressão de que a estrutura nunca irá se deteriorar e permanecerá da mesma forma para sempre, o que é um equívoco grave. Infelizmente tem acontecido tragédias, às vezes com fatalidades, e as pessoas começam a dar importância para as manutenções preventivas e corretivas, que são de suma importância.

O Distrito Federal por ser uma unidade federativa do Brasil relativamente nova, e de forma especial Brasília por ser a maior cidade construída do mundo no século XX, a cultura desenvolvida durante o passar dos anos foi a de construção sucessiva, uma obra atrás da outra, levando o mercado a crescer significativamente neste quesito, com o foco principal na construção acelerada. Isso fez com que as

inspeções e manutenções prediais ficassem à deriva na fase de pós obra. Depois de 59 anos, em média, permanece o esquecimento do pós-obra, onde as construções estão ficando velhas e nunca passaram por uma intervenção para resgatar o seu desempenho, assim culminando em ocorrências significantes de falhas nas construções.

Analisando essas circunstâncias, se pensou em realizar um trabalho voltado ao plano de manutenção de uma clínica de hemodiálise, recém reformada, com o intuito de prolongar sua vida útil, diminuir o gasto com manutenções corretivas reativas e inesperadas, minimizar a incidência de panes que possam resultar em paralização dos trabalhos realizados, além de garantir a eficiência na qualidade do serviço de saúde prestado.

Para facilitar o gerenciamento ao longo do tempo, foi desenvolvido um programa que ajudará na administração das manutenções prévias, corretivas e preditivas que serão realizadas na edificação, contendo a data da manutenção, local da manutenção, sistema em que será realizado e todos os cuidados a serem tomados para tal intervenção.

Para o desenvolvimento do programa, foi utilizada a plataforma da Google App Maker, pelo funcionário da empresa, do setor de TI, Eng.º Pedro Frias, que desenvolveu a ferramenta seguindo as orientações repassadas pelo autor deste presente artigo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Desenvolver um Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) de uma clínica de hemodiálise que realiza procedimentos de hemodiálise para 220 (duzentos e vinte) pacientes e atendimento ambulatorial.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Desenvolver um programa personalizado capaz de atender as necessidades da clínica no que se refere as manutenções necessárias de ar condicionado.



- Colocar em funcionamento e implementar o programa desenvolvido para a clínica
- Deixar uma base de dados de manutenções para futuras implementações.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Manutenção Predial

No Brasil a ideia de realizar manutenções em imóveis e edificações se encontra em fase primária. O brasileiro possui fortemente a cultura de realizar revisões nos automóveis quando atingida a quilometragem estipulada pelas montadoras e concessionárias, pois, caso contrário, o proprietário do veículo poderá perder a garantia, caso não seja realizado as referidas revisões. O mesmo cuidado não se tem quando o assunto é edificações. Os imóveis também necessitam de “revisões”, ou seja, manutenções prediais, que são importantes para garantir a segurança dos usuários e seu desempenho. Sempre que a construtora finaliza um edifício, ela elabora um manual de uso e manutenção, segundo a NBR 14037 (ABNT, 2014) que, descreve a realização de manutenções nos sistemas e equipamentos em tempos predeterminados, e entrelaça a garantia, que é obrigatória, a realização das manutenções preventivas que são requeridas, assim como acontece no caso de veículos.

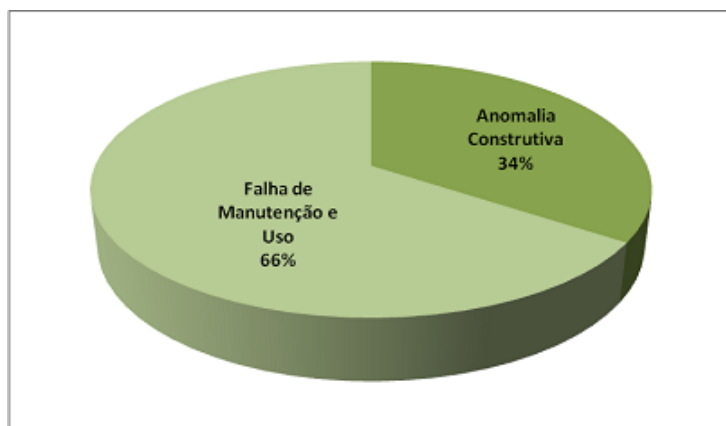
Ao longo dos anos ocorreram vários acidentes devido à falta de manutenções, como o desabamento de 3 (três) prédios no centro do Rio de Janeiro em 2012, próximo ao Teatro Municipal, o desabamento do edifício Wilton Paes de Almeida devido a um incêndio no centro de São Paulo, e mais recentemente o colapso de parte do viaduto das Galeria dos Estados, localizado na região central de Brasília, bem como o desabamento de uma laje de contenção acima de uma garagem em edifício residencial na quadra 210 da Asa Norte. Esses são alguns dos muitos acidentes que vem ocorrendo pelo Brasil e noticiados pelos meios de comunicação, onde a maioria teria sido evitado com uma inspeção predial e por consequência um plano de intervenção nos mesmos.

Afim de melhor orientar profissionais da área de engenharia, e até mesmo leigos, o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE) desenvolve trabalhos voltados para avaliação das edificações e estudos que trazem parâmetros para se basear em uma apreciação do seu estado.

A Câmara de Inspeção Predial do IBAPE/SP no ano de 2009, preocupada com a relação “causa x efeito” dos acidentes e sua forte correlação com a Manutenção Predial, realizou um estudo sobre acidentes ocorridos em edificações com mais de 30 anos, apresentado no XV COBREAP1. (IBAPE SP, 2015, p. 11-12)

Segundo a Norma de Inspeção (IBAPE SP, 2015), os estudos revelaram que, exclusivamente, os acidentes ocorreram em edificações que estavam em sua fase de uso (Figura 1).

**Figura 1:** Distribuição da incidência dos acidentes prediais por tipo de origem



Fonte: (IBAPE SP, 2015, p. 12)

O gráfico demonstra que 66% das prováveis causas e origens dos acidentes são relacionadas à deficiência com a manutenção, perda precoce de desempenho e deterioração acentuada. Apenas 34% dos acidentes possuem causa e origem relacionada aos chamados vícios construtivos ou, ainda, anomalias endógenas. (IBAPE SP, 2015, p. 11-12)

Desta forma a manutenção predial se mostra de suma importância para a conservação original da estrutura e dos sistemas que compõem a edificação, amenizando consideravelmente os possíveis acidentes.

Segundo NBR 14037 (ABNT, 2014) “manutenção é um conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes de atender as necessidades e segurança dos seus usuários.”

A manutenção predial é separada em três categorias basicamente, sendo elas a manutenção preventiva, corretiva e preditiva, cada qual com a sua finalidade e importância.

### **3.2 Manutenção Preventiva**

A manutenção preventiva é aquela manutenção que é realizada periodicamente e definido por um profissional, que de acordo com o tempo predeterminado por fabricantes ou pelo o mercado define datas para que a intervenção no sistema e/ou produto seja realizado, a fim de manter um item em um estado no qual possa desempenhar sua função requerida e assim prorrogar a sua vida útil. A prevenção leva a valorização do imóvel e garante que o item não irá exercer sua função de modo precário, mantendo assim a eficácia do imóvel como um todo.

Segundo a Norma, a definição de manutenção preventiva é aquela “manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.” (NBR 5462, ABNT, 1994)

### **3.3 Manutenção Corretiva**

“Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.” (NBR 5462, ABNT, 1994)

Este tipo de manutenção pode ser planejado ou não planejado, sendo planejado quando identifica-se uma falha e se programa para realizar a intervenção, ou não planejada, que é quando ocorre a falha de surpresa e o item deixa de desempenhar sua função e assim prejudica o sistema. O caso de manutenção corretiva não planejada é o mais comum, pois acontece inesperadamente e sua solução também tem que ser rápida, o que acarreta em falta de tempo para se

programar e consequentemente acaba adquirindo insumos e mão de obra com custo mais elevado, e também é prejudicial para a melhor tomada de decisão para resolução do problema, pois não se tem tempo para analisar.

De Sitter (1984 apud PIMENTEL, 2019) em suas pesquisas descreveu a lei do avanço dos custos ligados a manutenção em edificações, na qual aponta que as despesas gastas com alguma melhoria aumenta em função do tempo e em concordância com uma progressão geométrica de razão 5.

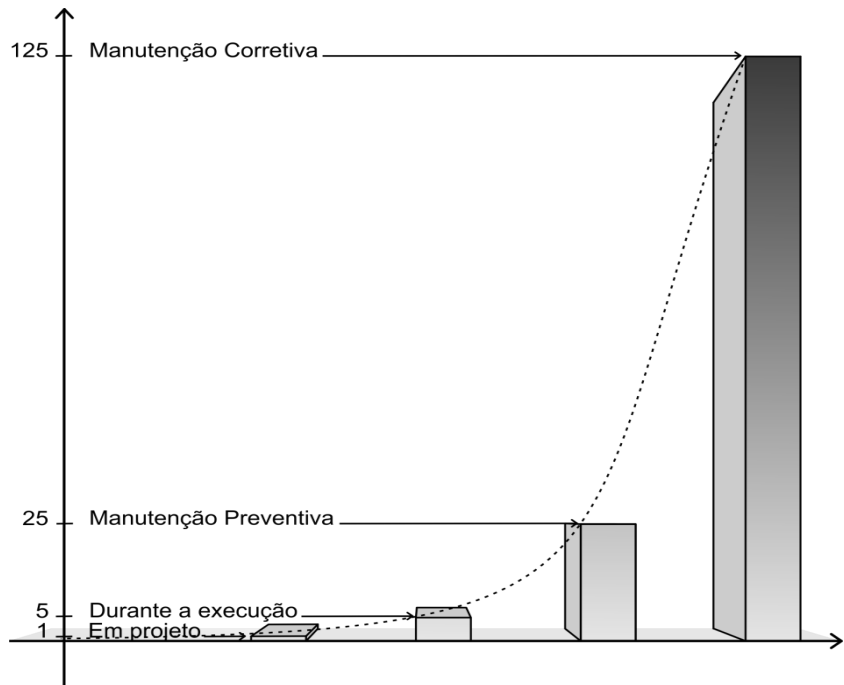
No meio acadêmico ficou conhecida como lei de Sitter, e pode ser compreendida no Quadro 1 e na Figura 2.

Quadro 1 – Lei de Sitter

<b>Projeto</b>	Toda atitude realizada nessa fase inicial, com fins de aumentar a durabilidade e vida útil, corresponde a um custo hipotético um;
<b>Execução</b>	Qualquer providência decidida durante a execução de uma obra, resulta em um custo por volta de cinco vezes mais elevado àquele sobrevivendo de ações tomadas no decurso do projeto;
<b>Manutenção Preventiva</b>	Seja qual for a atividade de manutenção feita nesta estratégia, antecedendo e prevenido o desencadeamento das manifestações patológicas, podem custar até vinte e cinco vezes mais caro que as medidas tomadas ainda na fase de projeto;
<b>Manutenção Corretiva</b>	Para essa modalidade de manutenção, o custo das atividades para recuperação do desempenho dos componentes da edificação, podem atingir até cento e vinte e cinco vezes mais oneroso se comparado as ao valor das operações determinadas na etapa do projeto.

Fonte: Adaptado de DE SITTER (1984 apud PIMENTEL, 2019, p. 9).

Figura 2 - Lei de Sitter



Fonte: Adaptado de DE SITTER (1984 *apud* PIMENTEL, 2019, p. 10).

### 3.4 Manutenção Preditiva

A manutenção predial preditiva envolve uma técnica que consiste em avaliar as atuais condições dos equipamentos e das instalações. Com o apoio de um acompanhamento planejado, inclusive com inspeções in loco (trabalho de campo), os técnicos recolhem dados para fazer uma análise do que está efetivamente ocorrendo. (SEGURIDADE, 2018)

Esse tipo de manutenção utiliza de uma análise proativa, onde os técnicos utilizam de ensaios não destrutivos para saber o real estado dos itens examinados. Se emprega ensaios como o ultrassom, câmera termográfica, ensaios de vibração, acompanhamento de deslocamentos da estrutura, dentre outros. É realizado uma inspeção da real condição em que se encontra a instalação, sistema ou equipamento, e assim serve de base para montar um plano de manutenção, ou atualizar o plano de manutenção já existente para que se torne mais eficiente na edificação como um

todo, garantindo o seu desempenho e reduzindo a incidência de manutenções corretivas, que possuem custo mais elevado.

### 3.5 Desempenho da Edificação

Existe uma norma que trata especificamente do desempenho das edificações habitacionais e que hoje é muito estimada no meio da construção civil e do mercado imobiliário, muitos dos clientes e fiscalizadores de obras estão atentos a esta norma e exigem o cumprimento da mesma. A norma também traz exigências aos usuários da edificação, tornando assim uma cooperação entre todos e em todas as fases de vida da edificação, desde a sua concepção até a perda de seu vida útil.

A NBR 15575 (ABNT, 2013) é uma norma que trata do desempenho de edificações habitacionais e apresenta características indispensáveis de uma obra para o consumidor, com o objetivo de prezar pelo conforto, acessibilidade, higiene, estabilidade, vida útil da construção, segurança estrutural e contra incêndios. (MOBUSS CONSTRUÇÃO, 2018)

O seguimento da norma dá uma certa legitimidade à construção e ao seu uso, pois garante a melhor eficiência durante o tempo de uso da edificação. A norma traz exigências de habitabilidade também pode ser observada no meio das edificações comerciais durante a utilização do imóvel. Exemplos de características indispensáveis e que mantêm a qualidade da edificação são:

- a) Funcionalidade e acessibilidade
- b) Desempenho luminoso
- c) Desempenho acústico
- d) Desempenho térmico
- e) Estanqueidade da água
- f) Saúde, higiene e qualidade do ar

### 3.6 Plano de Manutenção

A NBR 5674 (ABNT, 2012) traz os procedimentos que devem ser seguidos na elaboração do plano de manutenção das edificações, discriminando os escopos, sistemas, planejamento, projeto e programação dos serviços de manutenção, trazendo também orientações para a contratação de serviços de terceiros.

Segundo a norma os serviços de manutenção devem incluir, entre outros:

- Especificações detalhadas dos materiais e procedimentos de execução;
- Desenhos e plantas, incluindo detalhes;
- Programação de atividades, incluindo, quando necessário, a previsão de estágios intermediários para o controle da qualidade dos serviços realizados;
- Dispositivos de sinalização e proteção dos usuários;

Uma edificação e todos os seus componentes são planejados e construídos para durarem por muitos anos, e para isso é necessário que se realize manutenções em seus sistemas, considerando que cada um tem suas características que ocasionam em diferentes prazos, tipos e formas de intervenção. Essa manutenção não deve ser realizada de modo aleatório, sem planejamento e casual, mas sim com serviço técnico especializado conforme suas especialidades. (CBIC , 2014)

Para que os serviços de manutenções alcancem os resultados esperados de conservação, é necessário que um profissional realize o plano de manutenção e sua implementação de forma individualizada, respeitando as especificidades de cada empreendimento, uso e sistema que ali está presente. As manutenções devem iniciar concomitante ao uso da edificação, mesmo que não se esteja em uso ainda as unidades. (CBIC , 2014)

## 4 ESTUDO DE CASO: CLÍNICA DE HEMODIÁLISE

### 4.1 Localização

A clínica é situada na região administrativa de Samambaia (RA XII), do Distrito Federal, próxima ao Hospital Regional de Samambaia (HRSam). A clínica possui boa localização e fácil acesso, pois está localizada na via principal que divide as quadras 600 e 400 (Figuras 3 e 4).

Figura 3: Localização da clínica



Fonte: (Google Earth, 2019)

Na edificação que foi realizado a implementação do programa de manutenção predial funciona uma clínica que oferece os serviços de hemodiálise e atendimento ambulatorial, atendendo ao Sistema Único de Saúde (SUS) do governo, 220 (duzentos e vinte) pacientes, e também atendendo ao público em geral por meio particular e convênios.



**Figura 4:** Fachada frontal da clínica



Fonte: Própria (2019)

## 4.2 Características da Edificação

- A clínica possui uma área total de aproximadamente 2.000 m<sup>2</sup>
- 4 (quatro) edificações,
  - ✓ Bloco A (principal)
  - ✓ Anexos I, II e III

O bloco principal possui aproximadamente 800 m<sup>2</sup> somado o térreo e 1º pavimento. No térreo possui recepção central, 1 (uma) sala de hemodiálise e reuso, 1 (uma) sala multidisciplinar, 1 (um) consultório médico de plantão, 1 (uma) sala de emergência, 3 (três) consultórios indiferenciados e 2 (dois) consultórios diferenciados (possui banheiro), 1 (uma) sala de coleta de sangue, 1 (uma) sala de triagem, 4 (quatro) banheiros PNEs' e 1 (um) depósito de máquinas, conforme a Figura 4 abaixo demonstra em sua planta baixa arquitetônica (Figura 5).

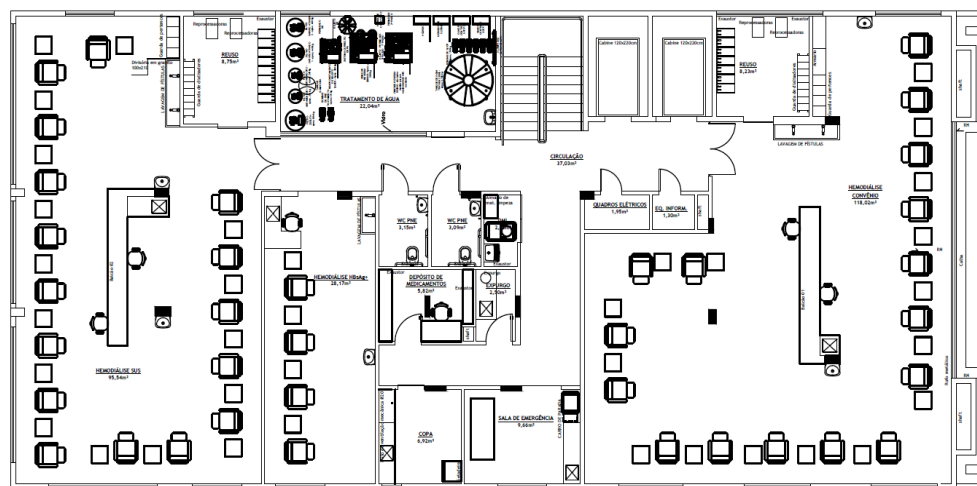
Figura 5: Planta Baixa Térreo



Fonte: (AutoCAD, 2019)

O primeiro pavimento possui a mesma ideia de layout e dispõe de 2 (duas) salas de hemodiálise e reuso, 1 (uma) sala diferenciada de hemodiálise, 1 (uma) sala de emergência, 1 (um) expurgo, 1 (uma) sala para depósito de medicamentos, 1 (uma) copa, 1 (uma) sala de tratamento de água, e 2 (duas) salas para quadro elétrico e equipamentos de informática. A Figura 6 demonstra a planta baixa deste pavimento.

**Figura 6: Planta Baixa Pavimento Tipo**



Fonte: (AutoCAD, 2019)

Este pavimento contém duas particularidades, uma é a sala de hemodiálise diferenciada para pacientes que possuam sorologia positiva para Hepatite B (HBsAg+), pois de acordo com o Art. 15 da Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 11/2014 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2014), a hemodiálise nesses pacientes deve ser realizada e acompanhada por profissional exclusivo durante toda a sessão, e o Art. 17, XV traz a previsão de uma sala para este atendimento.

Ainda outra particularidade é a sala de tratamento de água, prevista também no Art. 17, XVIII da RDC nº 11/2014 (ANVISA, 2014), que segue os parâmetros apresentados nos Arts. 45 a 57, para a qualidade da água. Antes dos pacientes serem instalados para sessão de hemodiálise, são feitos e registrados os testes na água, por técnico especializado, para garantir a qualidade da água e atender as exigências da resolução da ANVISA. Os parâmetros estão demonstrados nos anexos I e II da referida resolução.

## 4.3 Sistemas e Equipamentos

O corpo humano é composto por diversos sistemas e órgãos, assim também acontece na construção que é formada pela união de diversos sistemas que formam o prédio em si, sendo que, cada sistema tem sua particularidade e função dentro deste “corpo”. Esta clínica possui diversos sistemas e equipamentos, mas para efeito deste trabalho foram considerados os seguintes sistemas para a elaboração do plano de manutenção:

- Ar Condicionado;
- Cobertura;
- Elevadores;
- Esquadrias;
- Estação de Tratamento de água;
- Grupo Gerador;
- Impermeabilização;
- Instalações Elétricas;
- Instalações Hidráulicas;
- Pinturas, Texturas, Vernizes (interna e externa);
- Portas Corta-Fogo;
- Revestimentos Cerâmicos;
- Revestimento de Paredes e Tetos em Argamassa ou Gesso e Forro de Gesso (interno e externo);
- Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas – SPDA; e
- Vidros.

## 5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

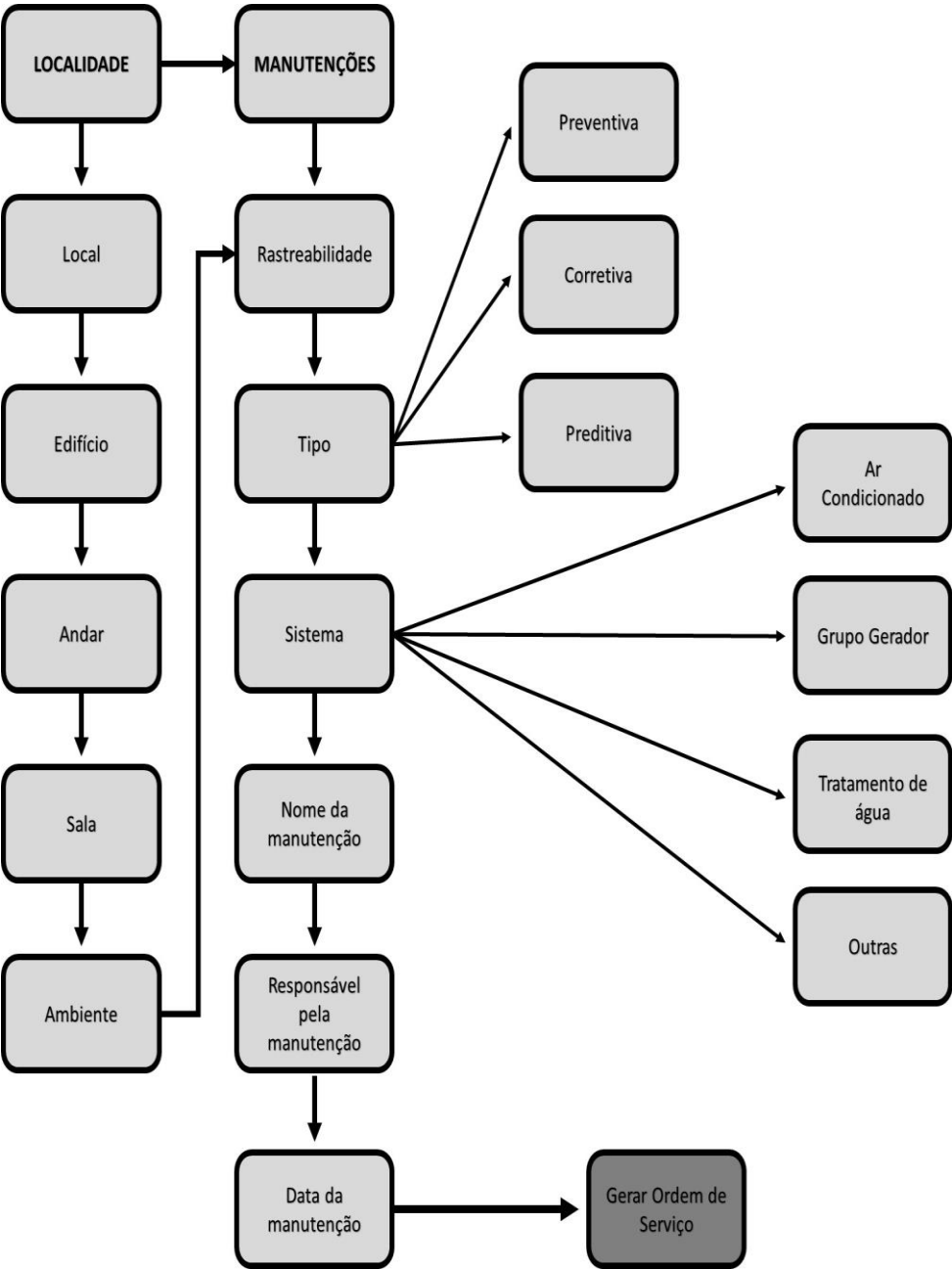
### 5.1 Programação

Para a realização e desenvolvimento do software capaz de atender as necessidades de manutenção predial da clínica, foram realizadas reuniões com o desenvolvedor de programas da equipe MSF Apoio Empresarial, Eng.º Pedro Frias a fim de esclarecer a função que o programa deveria desempenhar e suas principais ferramentas para atender as necessidades de manutenção predial e as exigências das resoluções da ANVISA no que diz respeito aos serviços de diálise e estabelecimentos de saúde - RDC 11 (ANVISA, 2014). Foi informado que basicamente o programa deveria criar um calendário com as manutenções preventivas que devem ser realizadas diariamente, semanalmente, quinzenalmente, trimestralmente, semestralmente, anualmente, bienalmente e quinquenalmente, e assim, gerar alertas para que a equipe de manutenção local seja informada das manutenções que devem ser realizadas naquele período.

O desenvolvimento do programa considerou 2 (duas) bases de dados, sendo: uma base de dados para a localização dos sistemas e outra para o registro das manutenções prediais. Foi decidido que cada um seria desenvolvido de forma individual mas, interligados entre si, de forma que todas as relações fossem gravadas e mantidas pelo programa.

É de fundamental importância que todas as manutenções realizadas fiquem registradas, para disponibilização do histórico e estatística das ocorrências de falhas mais frequentes, para tomada de decisão dos gestores e responsáveis técnicos com relação a programação de recursos e prazos para as manutenção corretiva. Foram traçados os primeiros passos e registrados em documento, assim facilitando uma possível alteração que se desejasse realizar. Abaixo tem-se o fluxograma do funcionamento do programa (Figura 7).

Figura 7: Fluxograma do Programa de Manutenção



Fonte: Própria (2019)

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Cadastro das Localidades da Edificação

Inicialmente o operador do programa fez todo o cadastro da edificação no programa, definindo se o edifício tem a finalidade comercial ou residencial, e a partir desta definição abre-se outros campos para identificar se é um complexo com mais de um edifício, se possui anexos e outras informações relevantes. Foi feito o registro do macro para o micro, passando desde o andar até o ambiente que está localizado, e terminando com o cadastro de equipamentos que contêm o ambiente, como demonstrado na Figura 8 abaixo.

Figura 8: Cadastro das localidades no programa

Clinica de Hemodíalise

+ Edifício

Bloco Principal

Anexo I

Anexo II

Anexo III

+ Andar

Térreo

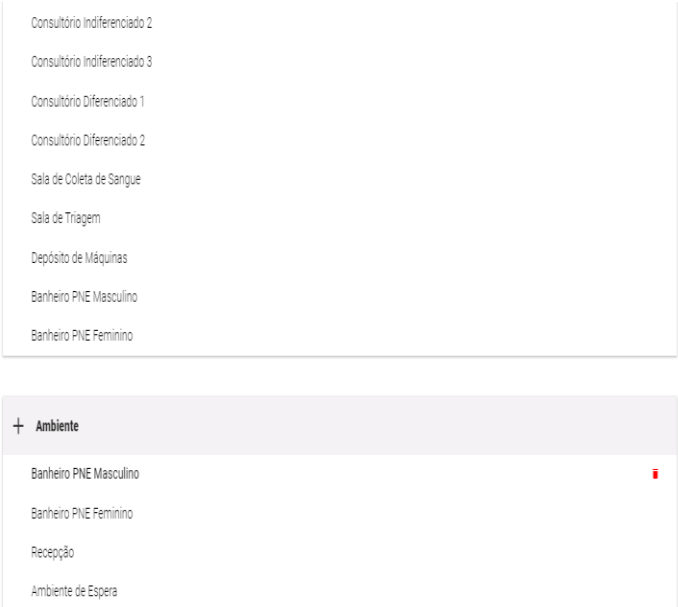
Primeiro Pavimento

+ Sala

Recepção Central

Sala de Hemodíalise

Sala Multidisciplinar



Fonte: Própria (2019)

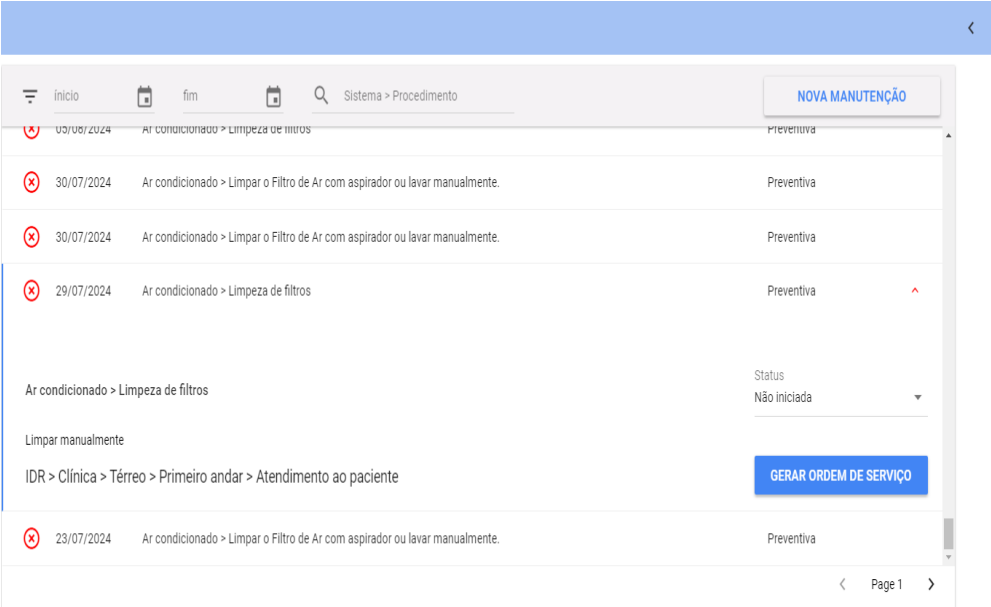
Essa base de dados foi requerida no momento de registro de informações das manutenções preventivas para realizar a rastreabilidade da manutenção no espaço físico da clínica.

### 6.2 Cadastro das Manutenções

Na aba de manutenções tem-se uma lista que mostra todas os agendamentos já feitos de manutenções preventivas, corretivas e preditivas; isto facilita a visualização, das manutenções que estão cadastradas, para o gerenciador do programa, executor, e outros usuários que tenham acesso a essa plataforma, além de existir uma opção de filtrar a pesquisa, onde o operador pode identificar com mais facilidade os agendamentos da semana que desejar. Nesta aba informa também em qual status está a manutenção, sendo as opções de não iniciada, em andamento e concluída. Assim como um espaço para o cadastramento de novas manutenções e a opção de gerar ordem de serviço para iniciar a manutenção. A lista pode ser observada na Figura 9 a seguir.



Figura 9: Dashboard do Calendário de Manutenções



Fonte: Própria (2019)


Ao clicar na referida aba, tem-se os requisitos que devem ser definidos para detalhar bem a manutenção. Começando com a data que será cadastrado a primeira manutenção, após temos o tipo de manutenção que será cadastrado, escolha entre preventiva, corretiva ou preditiva, em seguida temos a escolha da frequência de cada manutenção, o sistema que será feito a intervenção, a saber: ar condicionados, gerador, hidráulico, e entre outros. Também nessa aba será definido ainda o nome da manutenção, o local que será realizado, e um espaço para descrição caso o profissional queira colocar alguma observação, como mostrado na Figura 10.

Figura 10: Dashboard do cadastro de manutenções

### Cadastro de manutenções

Data

25/09/2019



Tipo Manutencao

Preventiva

Frequência

Mensal

Manutenções preventivas

Ar condicionado > Realizar a manutenção dos ventiladores e do gerador (quando houver) que co...

Local onde será feita a manutenção

No selection

Descrição

Fonte: Própria (2019)

Para cada manutenção cadastrada, de acordo com o sistema escolhido, já estão predeterminadas as orientações e manutenções fixas que estarão disponíveis e ainda um espaço para um novo registro de manutenção, assim facilitando e agilizando o processo de cadastramento. As definições prefixadas foram feitas de acordo com o livro Guia Nacional para a Elaboração do Manual de Uso, Operação e Manutenção das Edificações, da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2014), Manual de Aparelho de Ar condicionado, e RDC 11 (ANVISA, 2014). O Apêndice I traz todo cadastro das manutenções preventivas em cada sistema, além de apresentar as orientações cuidados que devem ser tomados para que se faça intervenção com mais segurança e qualidade.

## 6.3 Ordem de Serviço

No período de realização da intervenção, o programa irá gerar um alerta para equipe de manutenção local e consequentemente já disporá de uma ordem de serviço digital para aquela intervenção, que será onde o executor da manutenção irá descrever o serviço por realizado, se utilizou algum insumo para a realização daquela manutenção, ou se foi comprado ou retirado do almoxarifado, descrevendo também eventuais problemas que possam ocorrer ou se o trabalho foi realizado de forma correta e esperada.

Esta ordem de serviço já virá com um cabeçalho preenchido com as informações cadastradas no momento de cadastro da manutenção, além de ter o registro das datas de abertura do cadastro, data de início e término da intervenção, e o status que se encontra (Figura 11). Disporá das orientações cadastradas inicialmente para realização da manutenção e seus cuidados que foram predefinidas pelo sistema descritas no Apêndice I.



clínica que já são efetuadas e as adicionais definidas pelo trabalho. Estes dados se encontram no Apêndice I deste trabalho.

## 7 CONCLUSÕES

A implementação do plano de manutenção a uma edificação por meio de um programa, faz-se necessário à medida que se tem diversos sistemas em um mesmo prédio, de forma particular em uma clínica de hemodiálise que presta serviço de saúde e assim deve-se um cuidado maior como um todo. O planejamento das intervenções preventivas garantem a eficiência e o desempenho da edificação, de forma que a periodicidade de manutenções evitam paradas do serviço prestado e geram um custo em torno de 5 (cinco) vezes menor em relação a manutenções corretivas, ou seja, geram maior economia, maior conforto, e menos problemas de operacionalidade da clínica.

Realizou-se a rastreabilidade dos ambientes que a clínica possui, através do acesso às plantas baixas da edificação, e a partir dela conseguiu-se chegar ao ponto de cadastramento das manutenções preventivas, corretivas e preditivas. Para as manutenções preventivas, a partir do sistema ou equipamento escolhido, já temos acessos às manutenções pré-definidas e cadastradas pelo programa. Produziu-se inicialmente o planejamento e implementação das manutenções preventivas de ar condicionado no programa. Gerou-se um modelo de ordem de serviço eletrônica para cada manutenção cadastrada, com espaço para preenchimento das ações realizadas pelo executor e todas as informações necessárias descritas a fim de facilitar a execução, manutenção e o controle das intervenções.

Desta forma, o presente trabalho atendeu as expectativas no quesito de desenvolvimento e implementação de um programa para gerenciamento das manutenções de um clínica de hemodiálise, atendendo as exigências de gerar alertas para a equipe de manutenção local definidos nos períodos de cada manutenção, produzir meios que facilitam a manutenção como as ordem de serviço e calendário de manutenções preventivas, e foi desenvolvido o plano de manutenção individual para atender o serviço de saúde que a clínica fornece.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462:**

Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

\_\_\_\_\_. **NBR 5674:** Manutenção de edificações - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR 14037:** Manual de operação, uso e manutenção das edificações -

Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575:** Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da diretoria colegiada- RDC nº 11, de 13 de março de 2014.** Disponível em:

<[http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2867923/%284%29RDC\\_11\\_2014\\_COMP.pdf/bea0fc13-a2d9-42d0-892b-60e0390c16e3](http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2867923/%284%29RDC_11_2014_COMP.pdf/bea0fc13-a2d9-42d0-892b-60e0390c16e3)> Acessado em: 29 ago. 2019.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção – **Guia nacional para a elaboração do manual de uso, operação e manutenção das edificações.** Brasília, 2014.

IBAPE/SP – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo – **Norma de Inspeção Predial “a Saúde dos Edifícios”,** 2015.

LG ELETRONICS. (S.d.). **Ar Condicionado USNW092WSG3.** Disponível em: <<https://www.lg.com/br/suporte/suporte-produto/lg-USNW092WSG3>> Acesso em: 15 jun. 2019.

MOBUSS CONSTRUÇÃO. **Quais são as exigências de habitabilidade da NBR 15575 para edificações?** 2018. Disponível em: Mobuss Construção

<<https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/habitabilidade-nbr-15575/>>. Acesso em: 30 jul. 2019.

PIMENTEL, M. A. **Inspeção predial como ferramenta estratégica para verificar os níveis de desempenho das edificações.** 55 f. 2019. Artigo (Pós-Graduação) - Centro Universitário de Brasília. 2019.

SEGURIDADE. **Conheça os principais serviços de manutenção predial.** 2018. Disponível em: <<http://blog.seguridade.com.br/conheca-os-principais-servicos-de-manutencao-predial/>>. Acesso em: 19 jul. 2019.

TELES, J. **Tipos de manutenção de acordo com a NBR 5462.** 2017. Disponível em Engeteles: <<https://engeteles.com.br/tipos-de-manutencao/>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

APÊNDICE A – REGISTRO DE MANUTENÇÕES PREVENTIVAS

Ar Condicionado

Orientações:

- Desligar o circuito do ar no quadro elétrico ou desligar individualmente da tomada cada Split para realizar a manutenção.
- Seque o ar-condicionado no modo Ventilador durante 3 a 4 horas e desligue a alimentação. A permanência de umidade nos componentes do ar-condicionado pode provocar danos internos.
- Antes de voltar a utilizar o ar-condicionado, seque os respectivos componentes internos com o modo Ventilação durante 3 a 4 horas. Isso ajudará a remover o odor gerado pela umidade.

Manutenções fixas:

PROCEDIMENTOS	FREQUÊNCIA
Limpar o Filtro de Ar com aspirador ou lavar manualmente.	Quinzenal
Realizar a manutenção dos ventiladores e do gerador (quando houver) que compõem os sistemas de exaustão.	Mensal
Realizar limpeza dos componentes e filtros, mesmo em período de não utilização.	Mensal
Verificar todos os componentes do sistema e, caso detecte-se qualquer anomalia, providenciar os reparos necessários.	Mensal
Contrate um profissional para limpar o recipiente e o tubo de drenagem de condensação.	Anual

Cobertura

Manutenções Fixas:

PROCEDIMENTOS	FREQUÊNCIA
Verificar a integridade das calhas, telhas e protetores térmicos e, se necessário, efetuar limpeza e reparos, para garantir a funcionalidade, quando necessário. Em épocas de chuvas fortes, é recomendada a inspeção das calhas semanalmente.	Semestral
Verificar a integridade estrutural dos componentes, vedações, fixações, e reconstituir e tratar onde necessário.	Anual

## Elevadores

### Orientações:

- Apertar os botões apenas uma vez;
- Colocar acolchoado de proteção na cabine para o transporte de cargas volumosas, especialmente durante mudanças, reformas ou recebimento de materiais;
- Efetuar limpeza dos painéis sem utilizar materiais abrasivos como palha de aço, sapólio etc.;
- Em caso de falta de energia ou parada repentina do elevador, solicitar auxílio externo por meio do interfone ou alarme, sem tentar sair sozinho do elevador;
- Em casos de existência de ruídos e vibrações anormais, comunicar o zelador/gerente predial ou responsável;
- Evitar acúmulo de água, líquidos ou óleo no poço do elevador;
- Evitar escorrer água para dentro da caixa de corrida/poço do elevador;
- Não atirar lixo no poço e nos vãos do elevador, pois prejudica as peças que estão na caixa do equipamento, causando danos e mau funcionamento do sistema;
- Evitar o uso de água para a limpeza das portas e cabines, utilizar flanela macia ou estopa, levemente umedecida com produto não abrasivo, adequado para o tipo de acabamento da cabine;
- Evitar pulos ou movimentos bruscos dentro da cabine;
- Evitar sobrepeso de carga e/ou número máximo de passageiros permitidos indicados na placa no interior da cabine;
- Evitar o uso de produtos químicos sobre partes plásticas para não causar descoloração;
- Jamais obstruir a ventilação da casa de máquinas, nem utilizá-la como depósito;
- Jamais tentar retirar passageiros da cabine quando o elevador parar entre pavimentos, pois há grandes riscos de ocorrerem sérios acidentes; chamar sempre a empresa de manutenção ou o Corpo de Bombeiros;
- Jamais utilizar os elevadores em caso de incêndio;
- Procurar não chamar dois ou mais elevadores ao mesmo tempo, evitando o consumo desnecessário de energia;
- Não permitir que crianças brinquem ou trafeguem sozinhas nos elevadores;
- Não retirar ou danificar a comunicação visual de segurança fixada nos batentes dos elevadores;
- Não utilizar indevidamente o alarme e o interfone, pois são equipamentos de segurança;
- Nunca entrar no elevador caso a luz esteja apagada;
- Observar o degrau formado entre o piso do pavimento e o piso do elevador.



Manutenções Fixas:

PROCEDIMENTOS	FREQUÊNCIA
Efetuar teste do sistema automático de funcionamento dos elevadores com energia elétrica proveniente de geradores para emergência. Ser realizado por Empresa Especializada.	Semestral

Esquadrias

Orientações:

- As esquadrias devem correr suavemente, não devendo ser forçadas;
- As ferragens devem ser manuseadas com cuidado, evitando aplicação de força excessiva;
- Recomenda-se manter as portas permanentemente fechadas, evitando danos decorrentes de impacto;
- A limpeza das esquadrias e de seus componentes deve ser feita com detergente neutro e esponja macia. Retirar todo e qualquer excesso com pano seco. Em hipótese nenhuma deverão ser usados detergentes contendo saponáceos, esponjas de aço de qualquer espécie, materiais alcalinos, ácidos ou qualquer outro material abrasivo;
- Evitar o uso de material cortante ou perfurante na limpeza de arestas ou cantos;
- Os trilhos inferiores das esquadrias e dos orifícios de drenagem devem ser frequentemente limpos para garantir o perfeito funcionamento dos seus componentes;
- As esquadrias não foram dimensionadas para receber aparelhos esportivos ou equipamentos que causem esforços adicionais;
- Evitar a colocação ou fixação de objetos nas esquadrias;
- Evitar o uso de vaselina, removedor, thinner ou qualquer outro produto derivado do petróleo, pois, além de ressecar plásticos e borrachas, implicam na perda de sua função de vedação;
- Evitar a remoção das borrachas ou massas de vedação;
- Reapertar parafusos aparentes, regular freio e fazer lubrificação (quando aplicável);
- Adotar procedimentos de segurança para uso, operação e manutenção, principalmente quando houver trabalho em altura, conforme legislação vigente.

Manutenções Fixas:

PROCEDIMENTOS	FREQUÊNCIA
Efetuar limpeza geral das esquadrias e seus componentes.	Trimestral
Reapertar os parafusos aparentes de fechos, fechaduras ou puxadores e roldanas.	Anual
Verificar nas janelas Maxim-air a necessidade de regular o freio. Para isso, abrir a janela até um ponto intermediário ( $\pm 30^\circ$ ), no qual ela deve permanecer parada e oferecer certa resistência a movimento espontâneo. Se necessária, a regulagem deverá ser feita somente por pessoa especializada, para não colocar em risco a segurança do usuário e de terceiros.	Anual
Verificar a presença de fissuras, falhas na vedação e fixação nos caixilhos e reconstituir sua Integridade onde for necessário.	Anual

Estação de Tratamento de água

Manutenções Fixas:

PROCEDIMENTOS	FREQUÊNCIA
Desinfecção do Pré-tratamento.	Quinzenal
Desinfecção da osmose reversa.	Quinzenal
Desinfecção química do reservatório e do looping.	Quinzenal
Substituição do filtro descartável de partículas (filtro Big-Blue).	Quinzenal
Controle bacteriológico do reservatório de água potável.	Mensal
Limpeza e desinfecção do reservatório e da rede de distribuição de água para hemodiálise.	Mensal
Substituição do filtro bacteriológico do respiro do reservatório de água tratada.	Trimestral
Limpeza do reservatório de água potável.	Semestral
Substituição da carga de carvão ativado.	Bianual
Substituição da carga de zeólita do filtro multi-meios.	Trienal

Substituição das membranas de osmose reversa.	Quando necessário
---	-------------------

Grupo Gerador

Orientações:

- Seguir as instruções do fornecedor do equipamento quanto ao uso e manuseio;
- Evitar a obstrução das entradas e saídas de ventilação e tubulações;
- Manter o local isolado e garantir o acesso exclusivo de pessoas tecnicamente habilitadas a operar ou a fazer a manutenção dos equipamentos;
- Não utilizar o local como depósito; não armazenar produtos combustíveis, pois podem gerar risco de incêndio;
- Não permitir que o equipamento fique sem combustível durante a operação.

Manutenções Fixas:

PROCEDIMENTOS	FREQUÊNCIA
Verificar, após o uso do equipamento, o nível de óleo combustível e se há obstrução nas entradas e saídas de ventilação.	Semanal
Verificar o nível de combustível do reservatório e, se necessário, complementar.	Semanal
Fazer teste de funcionamento do sistema durante 15 minutos.	Quinzenal
Verificar e, se necessário, efetuar manutenção do catalizador.	Trimestral
Limpar a cabine/carenagem.	Trimestral
Troca de óleo do motor.	Semestral

Impermeabilização

Orientações:

- Limpar os pisos dos subsolos no modo “lavagem a seco”. Somente em casos imprescindíveis a lavagem com água poderá ser realizada e desde que, imediatamente após sua execução, seja realizada a secagem com uso de rodos e com descarte da água nos extravasores;

- Não alterar o paisagismo com plantas que possuam raízes agressivas, que podem danificar a impermeabilização ou obstruir os drenos de escoamentos;
- Nas jardineiras deverá ser mantido o nível de terra em, no mínimo, 10 cm abaixo da borda para evitar infiltrações;
- Não permitir a fixação de antenas, postes de iluminação ou outros equipamentos, por meio de fixação com buchas, parafusos, pregos ou chumbadores sobre lajes impermeabilizadas. É recomendado o uso de base de concreto sobre a camada de proteção da impermeabilização, sem a necessidade de remoção ou causa de danos. Para qualquer tipo de instalação de equipamento sobre superfície impermeabilizada, o serviço deverá ser realizado por meio de empresa especializada em impermeabilização, com o devido registro das obras, conforme descrito na ABNT NBR 5674;
- Manter ralos, grelhas e extravasores nas áreas descobertas sempre limpos;
- Lavar os reservatórios somente com produtos químicos adequados e recomendados, conforme o tipo de impermeabilização adotado;
- Manter o reservatório vazio somente o tempo necessário para sua limpeza;
- Não utilizar máquinas de alta pressão, produtos que contenham ácidos ou ferramentas como espátula, escova de aço ou qualquer tipo de material pontiagudo. É recomendável que a lavagem seja feita por empresa especializada com o devido registro do serviço, conforme a ABNT NBR 5674;
- Tomar os devidos cuidados com o uso de ferramentas, como picaretas e enxades, nos serviços de plantio e manutenção dos jardins, a fim de evitar danos à camada de proteção mecânica existente;
- Não introduzir objetos de qualquer espécie nas juntas de dilatação.

Manutenções Fixas:

PROCEDIMENTOS	FREQUÊNCIA
Verificar a integridade e reconstituir os rejuntamentos internos e externos dos pisos, paredes, peitoris, soleiras, ralos, peças sanitárias, bordas de banheiras, chaminés, grelhas de ventilação e de outros elementos.	Anual
Inspecionar a camada drenante do jardim. Caso haja obstrução na tubulação e entupimento dos ralos ou grelas, efetuar a limpeza.	Anual
Verificar a integridade dos sistemas de impermeabilização e reconstituir a proteção mecânica, os sinais de infiltração ou as falhas da impermeabilização exposta.	Anual

## Instalações Elétricas

Orientações:

### QUADROS LUZ E FORÇA

- Não alterar as especificações dos disjuntores (diferencial, principal ou secundários) localizados nos quadros de distribuição das edificações, pois estes estão dimensionados em conformidade com a capacidade dos circuitos e aderentes às normas brasileiras e possuem a função de proteger os circuitos de sobrecarga elétrica. Os quadros deverão possuir esquema identificando os circuitos e suas respectivas correntes suportadas (amperagem);
- Não abrir furos nas proximidades dos quadros de distribuição;
- Utilizar somente equipamentos com resistências blindadas, pois os quadros possuem interruptor DR (Diferencial Residual), que têm função de medir as correntes que entram e saem do circuito elétrico e, havendo eventual fuga de corrente, como no caso de choque elétrico, o componente automaticamente se desliga. Sua função principal é proteger as pessoas que utilizam a energia elétrica;
- Em caso de sobrecarga momentânea, o disjuntor do circuito atingido se desligará automaticamente. Neste caso, religar o componente. Caso volte a desligar, significa sobrecarga contínua ou curto em algum aparelho ou no próprio circuito, o que torna necessário solicitar análise de profissional habilitado;
- Não ligar aparelhos diretamente nos quadros.

### CIRCUITOS, TOMADAS E ILUMINAÇÃO

- Verificar a carga dos aparelhos a serem instalados, a fim de evitar sobrecarga da capacidade do circuito que alimenta a tomada e garantir o seu funcionamento nas condições especificadas pelos fabricantes e previstas no projeto da edificação;
- Não utilizar benjamins (dispositivos que possibilitam a ligação de vários aparelhos em uma tomada) ou extensões com várias tomadas, pois elas provocam sobrecargas;
- Utilizar proteção individual como, por exemplo, estabilizadores e filtros de linha em equipamentos mais sensíveis, como computadores, home theater, central de telefone etc.;
- As instalações de equipamentos, luminária ou similares deverão ser executadas por empresa capacitada, observando-se aterramento, tensão (voltagem), bitola e qualidade dos fios, além de isolamentos, tomadas e plugues a serem empregados;
- Não ligar aparelhos de voltagem diferente das especificadas nas tomadas;

- Manutenções devem ser executadas com os circuitos desenergizados (disjuntores desligados) e por profissional habilitado ou capacitado, dependendo da complexidade;
- Sempre que for executada manutenção nas instalações, como troca de lâmpadas, limpeza e reapertos dos componentes, desligar os disjuntores correspondentes.

Manutenções Fixas:

PROCEDIMENTOS	FREQUÊNCIA
Testar o disjuntor tipo DR apertando o botão localizado no próprio aparelho. Ao apertar o botão, a energia será interrompida. Caso isso não ocorra, trocar o DR.	Bimestral
Rever o estado de isolamento das emendas de fios e, no caso de problemas, providenciar as correções.	Anual
Verificar e, se necessário, reapertar as conexões do quadro de distribuição.	Anual
Verificar o estado dos contatos elétricos. Caso possua desgaste, substitua as peças (tomadas, interruptores, ponto de luz e outros).	Anual
Reapertar todas as conexões (tomadas, interruptores, ponto de luz e outros).	Bianual

**Instalações Hidráulicas**

Orientações:

- Não obstruir o “ladrão” ou tubulações do sistema de aviso;
- Não puxar as bombas submersas pelo cabo de força, a fim de não desconectá-lo do motor;
- Não apertar em demasia os registros, torneiras, misturadores;
- Durante a instalação de filtros, torneiras, chuveiros, atentar-se ao excesso de aperto nas conexões, a fim de evitar danos aos componentes;
- Nos sistemas com previsão de instalação de componentes por conta do cliente (exemplo chuveiros, duchas higiênicas, aquecedores), os mesmos deverão seguir as características definidas no manual de uso e operação para garantir o desempenho do sistema, os quais devem definir com clareza todas as características dos equipamentos, incluindo vazão máxima e mínima prevista em projetos;
- Não efetuar alterações na regulação das válvulas redutoras de pressão;
- No caso de existência de sistema de pressurização de água, os equipamentos deverão estar regulados para manter a parametrização da pressão e não comprometer os demais componentes do sistema.

- Água não potável (Tubulações)
- Não lançar objetos nas bacias sanitárias e ralos, pois poderão entupir o sistema;
- Nunca despejar gordura ou resíduo sólido nos ralos de pias ou lavatórios;
- Não deixar de usar a grelha de proteção que acompanha a cuba das pias de cozinha;
- Não utilizar para eventual desobstrução do esgoto hastes, água quente, ácidos ou similares;
- Banheiros, cozinhas e áreas de serviço sem utilização por longos períodos podem desencadear mau cheiro, em função da ausência de água nas bacias sanitárias sifonadas e sifões. Para eliminar esse problema, basta adicionar uma pequena quantidade de água.

Água Potável

Manutenções Fixas:

PROCEDIMENTOS	FREQUÊNCIA
Verificar nível dos reservatórios, funcionamento das torneiras e chave de boia.	Mensal
Verificar estanqueidade e a pressão especificada para a válvula redutora de pressão das colunas de água potável.	Mensal
Verificar funcionalidade do extravasor (ladrão) dos reservatórios, evitando entupimentos por incrustações ou sujeiras.	Semestral
Verificar mecanismos internos da caixa acoplada.	Semestral
Verificar estanqueidade dos registros de gaveta.	Semestral
Abrir e fechar completamente os registros do subsolo e cobertura (barrilete) de modo a evitar emperramento e os mantendo em condições de manobra.	Semestral
Limpar e verificar a regulagem dos mecanismos de descarga.	Semestral
Limpar os aeradores (bicos removíveis) das torneiras.	Semestral
Verificar estanqueidade da válvula de descarga, torneira automática e torneira eletrônica.	Anual
Verificar as tubulações de água potável para detectar obstruções.	Anual

Verificar e se necessário substituir os vedantes (courinho) das torneiras, misturadores e registros de pressão para garantir a vedação e evitar vazamentos.	Anual
---	-------

Água não potável, esgoto, água pluviais, drenagem, água de reuso, e rede coletora de gordura

Manutenções Fixas:

PROCEDIMENTOS	FREQUÊNCIA
Limpar os reservatórios de água não potável e realizar eventual manutenção do revestimento impermeável.	Trimestral
Efetuar manutenção nas bombas de recalque de esgoto, águas pluviais e drenagem.	Semestral
Verificar as tubulações de captação de água do jardim para detectar a presença de raízes que possam destruir ou entupir tubulações.	Anual

Sistema de Combate a Incêndio

Orientações

- Não efetuar testes das mangueiras utilizando água.

Manutenções Fixas:

PROCEDIMENTOS	FREQUÊNCIA
Acionar a bomba de incêndio (para tanto pode-se acionar o dreno da tubulação) ou por meio de botoeira ao lado do hidrante. Devem ser observadas as orientações da companhia de seguros do edifício ou do projeto de instalações específico.	Mensal
Mangueiras e Mangotinhos – Desconectar e desenrolar as mangueiras de incêndio para uma inspeção visual. Tornar a enrolara ou dobrar de forma que s acomodem sem vincos ou torções reconectando-as ao registro.	Semestral
Mangueiras de Incêndio e Mangotinhos - Realizar ensaio conforme norma ABNT NBR 11861 - solicitar certificado do ensaio.	A cada 5 anos



**Pinturas, Texturas, Vernizes (interna e externa)**

Orientações:

- Não utilizar produtos químicos na limpeza, principalmente produtos ácidos ou cáusticos;
- Em caso de necessidade de limpeza, jamais utilizar esponjas ásperas, buchas, palha de aço, lixas e máquinas com jato de pressão;
- Nas áreas internas com pintura, evitar a exposição prolongada ao sol, utilizando cortinas nas janelas;
- Para limpeza e remoção de poeira, manchas ou sujeiras, utilizar espanadores, flanelas secas ou levemente umedecidas com água e sabão neutro. Tomar cuidado para não exercer pressão demais na superfície;
- Em caso de contato com substâncias que provoquem manchas, limpar imediatamente com água e sabão neutro;
- Evitar atrito, riscos ou pancadas nas superfícies pintadas, pois podem acarretar remoção da tinta, manchas ou trincas;
- Manter os ambientes bem ventilados, evitando o aparecimento de bolor ou mofo.
- A limpeza deverá ser feita com uso de pano levemente úmido e conforme procedimento específico;
- Em caso de necessidade de retoque, deve-se repintar todo o pano da parede (trecho de quina a quina ou de friso a friso), para evitar diferenças de tonalidade entre a tinta velha e a nova numa mesma parede;
- Repintar as áreas e elementos com as mesmas especificações da pintura original.

Manutenções Fixas:

Revisar a pintura das áreas secas e, se necessário, repintá-las, evitando assim o envelhecimento, a perda de brilho, o descascamento e eventuais fissuras.	Bianual
Repintar paredes e tetos das áreas secas.	Trienal
As áreas externas devem ter sua pintura revisada e, se necessário, repintada, evitando assim o envelhecimento, a perda de brilho, o descascamento e que eventuais fissuras possam causar infiltrações.	Trienal

Portas Corta-Fogo

Orientações:

- As portas corta-fogo devem permanecer sempre fechadas, com auxílio do dispositivo de fechamento automático;
- Uma vez aberta a porta, para fechar basta soltá-la. Não é recomendado empurrá-la para seu fechamento;
- É terminantemente proibida a utilização de calços ou outros obstáculos que impeçam o livre fechamento da porta, podendo causar danos e comprometer a segurança dos ocupantes do edifício;
- Não trancar as portas com cadeados ou trincos;
- É vedada a utilização de pregos, parafusos e aberturas de orifícios na folha da porta, pois podem alterar suas características gerais, comprometendo o desempenho ao fogo e do sistema de pressurização da escadaria;
- Quando for efetuada a repintura das portas, não pintar a placa de identificação do fabricante, selo da ABNT, nem remover a placa luminescente;
- Somente utilizar peças originais ou com desempenho de características comprovadamente equivalente;
- O conjunto porta corta-fogo e piso ao redor não deve ser lavado com água ou qualquer produto químico. A limpeza das superfícies pintadas deve ser feita com pano levemente umedecido em água e pano seco para que a superfície fique seca;
- No piso ao redor da porta não devem ser utilizados produtos químicos, como água sanitária, removedores e produtos ácidos, pois são agressivos à pintura e, conseqüentemente, ao aço que compõe o conjunto da porta.

Manutenções Fixas:

PROCEDIMENTOS	FREQUÊNCIA
Verificar visualmente o fechamento das portas e, se necessário, solicitar reparo.	Mensal
Aplicar óleo lubrificante nas dobradiças e maçanetas para garantir o seu perfeito funcionamento.	Trimestral
Verificar abertura e fechamento a 45°. Se for necessário fazer regulagem, chamar empresa especializada.	Trimestral
Verificar as portas e, se necessário, realizar regulagens e ajustes.	Semestral

**Revestimentos Cerâmicos**

Orientações:

- Antes de perfurar qualquer peça, consultar os projetos de instalações entregues ao condomínio, a fim de evitar perfurações acidentais em tubulações e camadas impermeabilizadas;
- Para fixação de móveis, acessórios ou equipamentos, utilizar parafusos e buchas apropriadas e evitar impacto nos revestimentos, que possam causar danos ou prejuízo ao desempenho do sistema;
- Não utilizar máquina de alta pressão de água, vassouras de piaçava, escovas com cerdas duras, peças pontiagudas, esponjas ou palhas de aço, espátulas metálicas, objetos cortantes ou perfurantes na limpeza, pois podem danificar o sistema de revestimento;
- Limpar os revestimentos somente com produtos apropriados (não utilize removedores do tipo “limpa forno”, por exemplo);
- Não arrastar móveis, equipamentos ou materiais pesados, para que não haja desgaste excessivo ou provoque danos à superfície do revestimento;
- Somente lavar áreas denominadas molhadas.
- Em áreas molhadas ou molháveis, manter o ambiente ventilado para evitar surgimento de fungo ou bolor.

Manutenções Fixas:

PROCEDIMENTOS	FREQUÊNCIA
Verificar e, se necessário, efetuar as manutenções e manter a estanqueidade do sistema.	Anual
Verificar sua integridade e reconstituir os rejuntamentos internos e externos dos pisos, paredes, peitoris, soleiras, ralos, peças sanitárias, bordas de banheiras, chaminés, grelhas de ventilação e outros elementos.	Anual

**Revestimento de Paredes e Tetos em Argamassa ou Gesso e Forro de Gesso (interno e externo)**

Orientações:

- Para fixação de móveis, acessórios ou equipamentos, utilizar parafusos e buchas apropriadas e evitar impacto nos revestimentos que possam causar danos ou prejuízo ao desempenho do sistema;
- No caso de forros de gesso, não fixar suportes para pendurar vasos, televisores ou qualquer outro objeto, pois não estão dimensionados para

suportar peso. Para fixação de luminárias, verificar recomendações e restrições quanto ao peso;

- Evitar o choque causado por batida de portas;
- Não lavar as paredes e tetos;
- Limpar os revestimentos somente com produtos apropriados, que atendam aos requisitos definidos pela construtora/incorporadora;
- Nunca molhar o forro de gesso, pois o contato com a água faz com que o gesso se decomponha;
- Evitar impacto no forro de gesso que possa danificá-lo;
- Manter os ambientes bem ventilados, evitando o aparecimento de bolor ou mofo.

Manutenções Fixas:

PROCEDIMENTOS	FREQUÊNCIA
Repintar os forros dos banheiros e áreas úmidas.	Anual
Verificar a calafetação e fixação de rufos, para-raios, antenas, esquadrias, elementos decorativos etc.	Anual
Revisar a pintura das áreas secas e, se necessário, repintá-las evitando o envelhecimento, a perda de brilho, o descascamento e eventuais fissuras.	Bianual
Repintar paredes e tetos das áreas secas.	Trienal

Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas – SPDA

Orientações:

- Todas as construções metálicas que forem acrescentadas à estrutura posteriormente à instalação original, tais como antenas e coberturas, deverão ser conectadas ao sistema e ajustado quanto à sua capacidade. Este ajuste deverá ser feito mediante análise técnica de um profissional qualificado contratado pelo cliente. Também deverá ser analisado o local de instalação, o qual deve estar dentro da área coberta pela proteção do SPDA;
- Jamais se aproximar dos elementos que compõem o sistema e das áreas onde estão instalados durante chuva ou ameaça dela.

Manutenções Fixas:

PROCEDIMENTOS	FREQUÊNCIA
Verificar o status dos dispositivos de proteção contra surtos (DPS), que, em caso de acionamento, desarmam para a proteção das instalações, sem que haja descontinuidade. É necessário acionamento manual, de modo a garantir a proteção no caso de novo incidente.	Mensal
Inspecionar sua integridade e reconstituir o sistema de medição de resistência conforme legislação vigente. Realização por Empresa Especializada.	Anual
Para estruturas destinadas a grandes concentrações públicas (por exemplo: hospitais, escolas, teatros, cinemas, estádios de esporte, centros comerciais e pavilhões) - Inspeções completas conforme norma ABNT NBR 5419.	Trienal

Vidros

Orientações:

- Os vidros possuem espessura compatível com a resistência necessária para o seu uso normal. Por essa razão, evitar qualquer tipo de impacto na sua superfície ou nos caixilhos;
- Não abrir janelas ou portas empurrando a parte de vidro. Utilizar os puxadores e fechos;
- Para limpeza, utilizar somente água e sabão neutro. Não utilizar materiais abrasivos, por exemplo, palha de aço ou escovas com cerdas duras. Usar somente pano ou esponja macia;
- No caso de trocas, trocar por vidro de mesma característica (cor, espessura, tamanho etc.);
- Evitar infiltração de água na caixa de molas das portas de vidro temperado e, no caso de limpeza dos pisos, proteger as caixas para que não haja infiltrações;
- Evitar esforços em desacordo com o uso específico da superfície.
- A limpeza deverá ser feita com uso de pano levemente umedecido e aderente às especificações de cuidados de uso;
- Em casos de quebra ou trinca, trocar imediatamente, para evitar acidentes.

Manutenções Fixas:

PROCEDIMENTOS	FREQUÊNCIA
Nos conjuntos que possuam vidros temperados, efetuar inspeção do funcionamento do sistema de molas e dobradiças e verificar a necessidade de lubrificação.	Anual
Verificar o desempenho das vedações e fixações dos vidros nos caixilhos.	Anual

# RESPONSABILIDADE TÉCNICA EM VIRTUDE DE UM DANO CAUSADO POR FENÔMENO NATURAL EM OBRA DE REVITALIZAÇÃO NA REGIÃO ADMINISTRATIVA VICENTE PIRES, DF

## TECHNICAL RESPONSIBILITY IN VIRTUE OF A DAMAGE CAUSED BY NATURAL PHENOMENON IN REVITALIZATION WORK IN THE ADMINISTRATIVE REGION VICENTE PIRES, DF

Ana Caroline de Lima Gomes<sup>1</sup>  
Gustavo Lima Braga

### RESUMO

O objetivo desse estudo é analisar os aspectos jurídicos envolvidos em uma obra de engenharia, utilizando-se como estudo uma obra localizada em Vicente Pires, Distrito Federal. As atividades pertinentes a obra são referentes à pavimentação asfáltica, meio fio, drenagem pluvial e execução de obra de artes especiais. Esta obra de revitalização foi realizada por uma empresa privada, sendo a fiscalização realizada pelos agentes do Estado. Em virtude de uma sequência de eventos extremos, ocorreram danos nas residências que se encontram nas proximidades da obra, sendo que este estudo visa mostrar a gravidade e consequências acarretadas pelo planejamento inadequado. A metodologia utilizada foi de avaliação, através de uma vistoria no local e análise do ocorrido e das

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UnICEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Projeto, execução e manutenção de edificações, sob orientação do Prof. Dr. / MSc. Gustavo Lima Braga

situações e condições pré-existentes. Após análise in loco, foi realizada a análise jurídica do fato, ressaltando as responsabilidades que recaem sobre a empresa, o Estado e em face dos direitos dos moradores que sofreram os danos, para que sejam determinados os responsáveis legais.

**Palavras-chave:** Engenharia Civil. Infraestrutura. Legislação. Impactos. Perícia.

## ABSTRACT

The objective of this study is to analyze the legal aspects involved in an engineering work. As a case study, the object in question is a work in Vicente Pires, Federal District. The work intends to perform the asphalt paving, half-wire, rainwater drainage and execution of special arts work. The revitalization work was carried out by a private company, with the part of inspection done directly by the government agents, showing the seriousness and consequences entailed by the inadequate planning of the works during a period that is characterized by heavy rains in the city. Due to these extreme events, there were losses in the residences that are in the vicinity of the work. The methodology used was evaluation, through an on-site survey and analysis of the occurrence and pre-existing situations and conditions. After the on site analysis, the legal analysis of the fact was carried out, highlighting the responsibilities that affect the company, government and what are the rights of the residents, so that the liability relationships and subsequent compensation for the damages caused are established. For the resolution of the relative problems, the residents were suggested, directly by the company a friendly conciliation, which solved in part the disorders caused.

**Keywords:** Civil Engineering, Infrastructure, Legislation, Impacts, Expertise

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Spadotto et al. (2011, p. 173) “a construção civil é responsável por vários reflexos, ao local e região onde se instala a obra, causados por suas atividades direta ou indiretamente. Esses “reflexos” são de cunho ambiental, social e até mesmo econômico.” Usando-se como ponto de partida esta citação, é meta desse trabalho analisar os aspectos jurídicos envolvidos em uma obra de engenharia, no que concerne a responsabilidade civil.

Para tal, será realizado o estudo de uma obra localizada em Vicente Pires, Distrito Federal, que ocasionou danos aos moradores, identificando os aspectos jurídicos e definindo também as responsabilidades previstas em lei quando da ocorrência de problemas na execução deste tipo de obra.

É necessário que em qualquer obra exista um responsável técnico. Tanto no âmbito da Engenharia quanto da Arquitetura devem-se definir os responsáveis,



esses por sua vez, respondem legalmente pelo acontecimento de qualquer problema de projeto, de execução e por cinco anos após o término do serviço de acordo com o art. 618 do CC<sup>2</sup> apud (FABIANO et al., 2013).

O Engenheiro, o engenheiro agrônomo, o geólogo, o geógrafo, o Meteorologista, o tecnólogo e o técnico de nível médio são os responsáveis, por lei, pelo planejamento, projeto (incluindo o orçamentário) e fiscalização da execução de qualquer empreendimento classificado como obra ou serviço nas modalidades de Engenharia, arquitetura ou agronomia. (CREA/SP, 2017).

O Brasil é um país que tem pouca cultura de planejamento, porém tem evoluído em termos de legislação, onde se regulamenta procedimentos e obrigações de planejamento. Em relação a obras públicas a Lei 8.666/93 e a Lei Complementar 101/00 trazem evoluções que contribuem para uma ação planejada e consistente na execução e controle de obras públicas (MOTTA, [s.d.]). A falta de planejamento e a falta da correta condução dos empreendimentos, compromete não só a execução das obras civis, mas também parte dos lucros das empresas. As localidades ao redor das obras, tal como residências e comércios também sofrem com os pontos listados anteriormente.

A Construção Civil é capaz de causar danos ao ambiente, seja eles menores ou maiores, conforme o tamanho das obras (SPADOTTO et al., 2011). Nesse caso, existem diretrizes e leis, que regem e previne esses impactos realizados através de estudos de impacto de vizinhança e ambiental.

Conforme a Lei n. 10.257, de julho de 2001, Estatuto da Cidade, capítulo II, seção XII do estudo de impacto de vizinhança, art. 37<sup>3</sup>, é necessário estudar os impactos que o empreendimento pode gerar na qualidade de vida da população que reside nas proximidades (SPADOTTO et al., 2011).

<sup>2</sup> Art. 618. Nos contratos de empreitada de edifícios ou outras construções consideráveis, o empreiteiro de materiais e execução responderá, durante o prazo irredutível de cinco anos, pela solidez e segurança do trabalho, assim em razão dos materiais, como do solo

<sup>3</sup> Art. 37. O EIV será executado de forma a contemplar os efeitos positivos e negativos do empreendimento ou atividade quanto à qualidade de vida da população residente na área e suas proximidades, incluindo a análise, no mínimo, das seguintes questões: I - adensamento populacional; II - equipamentos urbanos e comunitários; III - uso e ocupação do solo; IV - valorização imobiliária; V - geração de tráfego e demanda por transporte público; VI - ventilação e iluminação; VII - paisagem urbana e patrimônio natural e cultural. Parágrafo único. Dar-se-á publicidade aos documentos integrantes do EIV, que ficarão disponíveis para consulta, no órgão competente do Poder Público municipal, por qualquer interessado

O Plano diretor de um município possui aspectos que devem ser seguidos em qualquer construção civil. O PDOT, contém aspectos específicos que visam o crescimento da área. A região estudada nesse trabalho é categorizada como área passível de regularização (PDOT 2012). Dessa forma estão sendo realizadas medidas para que se sejam resolvidas as pendências do plano diretor. Pode-se citar como exemplo as obras de infraestrutura, tal como revitalizações das ruas, objeto de estudo desse trabalho.

Em dezembro de 2015 iniciou-se as obras de execução da pavimentação asfáltica, meio fio, drenagem pluvial e execução de obra de artes especiais na Vicente Pires, Distrito Federal, essa por sua vez, foi realizada através de uma licitação<sup>4</sup> feita pelo governo onde a empresa escolhida foi responsável pela execução da obra e o governo pela fiscalização.

Para a licitação de obras públicas é necessário que já se possua um projeto básico<sup>5</sup> (BRASIL, 1993). A empresa que concorre na licitação da execução de obras deve entregar sua proposta com uma sugestão de cronograma de planejamento (físico e financeiro), aonde o contratante deve estar de acordo com a proposta realizada (BRASIL, 1993). Analisando-se a obra em questão, foram realizados os planejamentos prévios, contudo, houve pendências no que diz respeito ao componente de fiscalização realizado pelos agentes do governo e também relativo as medições a serem pagas ao executor da obra, o que acarretou em atraso no cronograma e posterior interrupção da execução do empreendimento. Essa postergação de datas levou a obra ser executada em uma época chuvosa, o que é inadequado para obras desse porte.

É de extrema importância que as obras públicas sejam fiscalizadas pela entidade do governo ou por terceiros contratados por meio de licitação pública, essa postura diminui os erros de execução, gastos desnecessários e também mantém o

---

<sup>4</sup> “A licitação é instrumento tradicional no direito brasileiro e mundial. A priori, possui basicamente dois objetivos fundamentais: a busca da melhor proposta para a Administração Pública e a manutenção do princípio da isonomia entre os interessados – competitividade.” (FERRAZ, 2009)

<sup>5</sup> “A Lei 8666 no seu Art. 6 o define: “IX - Projeto Básico - conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução” (DOMINGUES, 1988)

planejamento fidedigno ao plano inicial. O cumprimento coerente das leis, normas técnicas e regulamentos correntes pode ser o principal direcionamento para a fiscalização, o que proporciona melhor eficiência para realização de obras públicas com qualidade. (MOTTA, [s.d.]

Acompanhamento, tem o sentido de supervisão das atividades, monitorando o processo como um todo; controle, significa regular a manutenção das condições de execução das obras dentro de parâmetros aceitáveis e previamente estabelecidos; e, fiscalização, tem a característica de uso do poder de “superveniência” que o Poder Público traz como prerrogativa sua, no que tange aos contratos firmados com terceiros. (MOTTA, [s.d.]

Brasília possui regime de precipitação bem definido (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2017) dessa forma deve-se adotar medidas que possam reduzir a possibilidade de problemas de execução relacionados a esse fenômeno. A não consideração desse fator no planejamento pode trazer maiores problemas, como ocorrido durante a execução da obra da Vicente Pires, lote 01, que acarretou danos nas residências próximas a obra, danos esses como: alagamentos (na rua e dentro das residências vizinhas a obra), enchentes, a qual resultou em quedas de muros das residências, entrada de material asfáltico (brita e pinche) nos jardins e varandas das casas próximas a obra.

Os moradores locais têm consciência que essas obras são de grande importância para a região e contribuem para a valorização dos próprios imóveis, entretanto, não se deve usar isso como justificativa ou tomar como natural os fatos ocorridos. Em qualquer obra é necessário a responsabilidade técnica e execução correta do planejamento, e em caso do surgimento de imprevistos, é importante que se faça uma análise do ocorrido e um replanejamento considerando-se o desvio, de forma que contenha a melhor solução.

Os problemas gerados podem vir tanto da má execução quanto de fatores externos não controlados como enchentes, queimadas, relâmpagos e deslizamento de terras (ENGENHANDO DIREITO, 2017). Os responsáveis técnicos devem estar cientes que esse tipo de acontecimentos pode ocorrer, por isso, é preciso fazer um projeto compatível com a área e um planejamento que analisa a melhor época para execução.

Nas situações listadas devem-se, então, definir os responsáveis técnicos e as medidas legais a serem adotadas. Dessa forma, é necessário o conhecimento dos regulamentos vigentes:

O exercício profissional nas áreas de Engenharia, Arquitetura e Agronomia é regulamentado pela Lei Federal 5194/66, possibilitando aos profissionais da área tecnológica, atuarem de maneira ordenada, consciente e responsável, com uma maior presença no processo econômico, político e social da sociedade brasileira. Além disso, a atividade se sujeita a toda legislação, sendo que se destaca: a Constituição Federal; Código Civil, Código Penal, Lei 8.078/90 que institui o Código de Defesa do Consumidor; Lei 5.194/66 que regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro Agrônomo; Lei 6.496/77 que institui a Anotação de Responsabilidade Técnica na prestação de serviços de Engenharia, de Arquitetura e Agronomia, Decreto Lei 73/66 cujo art. 20 letra c) Dispõe sobre a obrigatoriedade do seguro de responsabilidade civil em obras urbanas; Decreto 61.867/67, que submete os órgãos da administração pública à exigência do Seguro de Responsabilidade Civil em obras urbanas. (ENGENHANDO DIREITO, 2017)

Ainda o Código Civil de 2002 estabelece que: Art. 186. “Aquele que, por ação ou omissão voluntária, negligência ou imprudência, violar direito e causar dano a outrem, ainda que exclusivamente moral, comete ato ilícito” (MENA, 2017). Além deste o código civil também dispõe nos artigos 187 e 927 maiores detalhes sobre atos ilícitos<sup>6</sup>. Cabe ainda ressaltar a diferenciação e delimitar que imprudência é ignorar as precauções necessárias, negligência é falta de cuidado na execução do ato e imperícia é falta de experiência necessária para se executar um ato.

A Responsabilidade Civil é imposta ao profissional por toda atividade que este exerce ou executa, a fim que se imponha as responsabilidades básicas que este deve possuir a qual se assegura o produto ou processo final (CREA/SP, 2017). O profissional não pode repassar sua responsabilidade a outro e este é obrigado a

---

<sup>6</sup> Art. 187. Também comete ato ilícito o titular de um direito que, ao exercê-lo, excede manifestamente os limites impostos pelo seu fim econômico ou social, pela boa-fé ou pelos bons costumes. Art. 927. Aquele que, por ato ilícito (Arts. 186 e 187), causar dano a outrem, fica obrigado a repará-lo. (MENA, 2017).

reparar ou indenizar qualquer dano moral ou patrimonial<sup>7</sup> ocorrido, incluindo terceiros<sup>8</sup> envolvidos, tal como vizinhos ou pessoas em trânsito nos arredores de obras (ENGENHANDO DIREITO, 2017).

O profissional ainda se sujeita à responsabilidade penal em decorrência de situações consideradas como crime na Lei como Crimes Contra a Incolumidade Pública e Crimes de Perigo Comum, tal como inundação, perigo de inundação, desabamento e desmoronamento.

Para a resolução dos problemas, foi sugerido aos moradores, diretamente pela empresa, conciliação amigável<sup>8</sup>, o que resolveu em parte os transtornos causados, mesmo que a responsabilidade também tenha sido do governo. “É a regra geral inferida do art. 194 da Constituição Federal vigente, que estabelece para as pessoas jurídicas de direito público interno a responsabilidade civil objetiva e absoluta pelos atos lesivos de seus agentes.” (MEIRELLES, [s.d.]).

O objetivo do presente trabalho é analisar os aspectos jurídicos envolvidos em uma obra de engenharia de revitalização realizada em Vicente Pires, Distrito Federal. Esse estudo visa entender os aspectos técnicos, jurídicos e humanos incluídos no problema em questão.

## 2 METODOLOGIA

A metodologia usada para a realização desse trabalho foi de avaliação realizada por uma vistoria no local com execução de relatório fotográfico, avaliação técnica das situações e condições pré-existentes, além de levantamento dos aspectos jurídicos da situação, objeto de estudo desse trabalho.

Depois da análise *in loco*, foi realizada a revisão da legislação vigente em relação ao fato ocorrido, priorizando as responsabilidades que concerne o governo, a empresa e qual são os direitos por parte dos moradores, para que

<sup>7</sup> “O dano patrimonial, também chamado de dano material, atinge os bens integrantes do patrimônio da vítima. dano moral – qualquer agressão à dignidade pessoal lesiona a honra, constitui dano moral” (CAVALIERI FILHO, 2006, pg.96 e 101).

<sup>8</sup> “Terceiro como aquele sujeito que não é parte em determinado processo e, portanto, não pode ficar subordinado à autoridade da coisa julgada lá formada. ” Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rfdusp/article/view/67648>>. Acesso em 10 out. 2017.

seja estabelecido as relações de responsabilidade e posterior ressarcimento dos danos causados.

Em suma a metodologia sugerida para análise é mostrada no fluxograma abaixo:

Figura 1 – Fluxograma da Metodologia Adotada



Fonte – O autor, 2017

### 3 NOÇÕES GERAIS DE RESPONSABILIDADE CIVIL

CAVALIERI FILHO (2006) define responsabilidade civil como sendo a obrigatoriedade do causador do dano, o agente, de reparar o prejuízo. Quando há dano é possível indenizar a vítima, tendo em vista que o dano não reflete apenas prejuízos patrimoniais, mas, também, um desequilíbrio entre as partes. O autor afirma que “ato ilícito é violação de uma obrigação preexistente, transgressão de um dever jurídico” (CAVALIERI FILHO, 2006, pg.30).

Esse mesmo autor subdivide responsabilidade civil em contratual e extracontratual, sendo que a primeira é o descumprimento de dever jurídico existente em um contrato criado pelas partes, e a segunda é a violação de um dever legal.

A responsabilidade civil contratual, também chamado de ato ilícito contratual ou relativo, tem como origem uma obrigação proveniente de um contrato, em que há a partir um vínculo obrigacional e o dever de reparar qualquer prejuízo em

decorrência do descumprimento. A responsabilidade civil extracontratual, também chamada de ilícito aquiliano ou absoluto, tem como motivo o descumprimento do preceito geral do direito, ou da própria lei e, da mesma forma, também gera o dever de indenizar em caso de inadimplemento.

A responsabilidade civil também pode ser dividida em subjetiva e objetiva. A primeira está ligada à comprovação do dolo ou da culpa na conduta do agente, ou seja, na intenção. A segunda, refere-se à existência da conduta, do resultado e do nexo causal entre eles independentemente da presença dos elementos volitivos.

A culpa está integralmente conectada a responsabilidade, assim, na responsabilidade civil subjetiva o seu maior fundamento é a culpa ou dolo. Contudo, neste tipo de responsabilidade, apenas se a vítima comprovar ser o agente culpado ela terá a reparação do dano, porém, há determinadas situações nas leis em que independente desta comprovação será devido a indenização à parte lesada, ou seja, presente a responsabilidade objetiva.

Os três elementos apresentados pela doutrina francesa como pressupostos da responsabilidade civil subjetiva podem ser claramente identificados no art. 186 do código civil:

Conduta culposa do agente, o que fica patente pela expressão “aquele que por ação ou omissão voluntária, negligência ou imperícia” nexo causal, que vem expresso no verbo causar; dano, revelado nas expressões “violar direito ou causar dano a outrem. (CAVALIERI FILHO, 2006, pg. 41)

Como afirmado na citação, o conceito de conduta, nexo causal e dano, estão intrinsecamente ligados ao entendimento de responsabilidade civil. A partir dessa citação, serão definidos abaixo cada item, para melhor entendimento de cada conceito.

A conduta é entendida como a prática humana voluntária que se mostra por meio de uma ação ou omissão, causando consequências jurídicas. Essa ação ou omissão é a característica física e objetiva da conduta, a característica psicológica e subjetiva da conduta é a vontade.

O dolo é a vontade consciente dirigida a geração de um resultado ilícito, é a violação consciente do dever preexistente. Pode-se perceber que no dolo e na culpa existe uma conduta voluntária do causador do dano, entretanto no dolo a sua

conduta já é ilícita desde o início e a culpa ocorre em casos que há negligencia, imprudência ou imperícia por parte do agente causador do dano.

Em uma situação, no primeiro momento antes de definir a culpa ou não do agente deve-se apurar os fatos para saber se o condutor do dano deu causa ao resultado, e isso é o chamado nexa causal, a conexão entre a conduta e o resultado. “É necessário que o ato ilícito seja a causa do dano, que o prejuízo sofrido pela vítima seja resultado desse ato, sem o que a responsabilidade não ocorrerá a cargo do autor material do fato.” (CAVALIERI FILHO, 2006, pg. 70).

Não existe responsabilidade civil se não houver um dano. O dano é a ofensa a um bem jurídico seja ele patrimonial ou moral. O dano patrimonial (dano material) se refere à lesão dos bens constituintes do patrimônio da vítima. Enquanto o dano moral entende-se como a lesão da dignidade pessoal, da honra da vítima.

No que diz respeito à responsabilidade do Estado e dos prestadores de serviço público, tema desse trabalho, estes se encontram entre os casos da responsabilidade civil extracontratual objetiva em nossa legislação. Não se pode dividir o Estado do agente, mas sim considerá-los como unidade. Portanto, a prática de um ato pelo agente dirigirá a responsabilidade ao Estado, pois, este, tem o papel de ser garantidor.

Quando existe a ausência de serviço, má execução ou atraso, a responsabilidade primeira é do Estado pelos danos causados pelos prestadores de serviços, podendo, porém, regressivamente cobrar deles pelo que houver despendido.

A citação abaixo mostra que para determinar a responsabilidade do Estado, o mínimo necessário é:

Que o cargo tenha influido como causa ocasional do ato, ou que a condição de funcionário tenha sido a oportunidade para a prática do ato ilícito. Sempre que a condição de agente tiver contribuído de algum modo para a prática do ato danoso, ainda que simplesmente lhe proporcionando a oportunidade para o comportamento ilícito, responde o estado pela obrigação ressarcitória. (CAVALIERI FILHO, 2006, pg. 257)



No que diz respeito ainda a responsabilidade do Estado, pode-se existir concorrência de culpas e, neste caso, ocorrerá a minoração do valor da reparação do dano proporcionalmente à circunstancia.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Revitalização e implantação de um novo sistema de drenagem foi a obra realizada na rua 01 da colônia agrícola Samambaia. Abaixo segue a localização da residência que sofreu maiores avarias em virtude das chuvas intensas que ocorreram durante parte da execução dessa obra,

**Figura 2** - Localização do lote 02



**Fonte** – Google Earth, 2015.

No ano de 2016 o Estado iniciou as obras para melhorias na região. O início da obra trouxe poucos problemas para a comunidade local, tais como excesso de poeira, abertura de pequenas valas, impossibilitando a utilização do acesso as residências em alguns momentos, estas aberturas que foram feitas sem

aviso prévio e mudando a rotina de alguns moradores. As valas foram abertas devido a necessidade de colocação de drenos por se encontrarem corpos hídricos nas proximidades, o que afeta o solo da região.

A primeira etapa da obra (visível para os moradores) foi a retirada da pavimentação da rua, com isso foi necessário tirar parte da calçada das frentes das residências, pois no projeto a rua seria aumentada em sua largura.

A segunda etapa foi a abertura de valas, onde seria implantado o novo sistema de drenagem, pois o antigo não possuía a eficiência necessária. Entretanto ao se fechar as valas, é necessário realizar o processo de compactação, desta forma retirando o nível necessário entre o pavimento, calçada e os lotes.

A foto a seguir mostra a rua sem pavimentação e com as aberturas de valas em frente às residências:

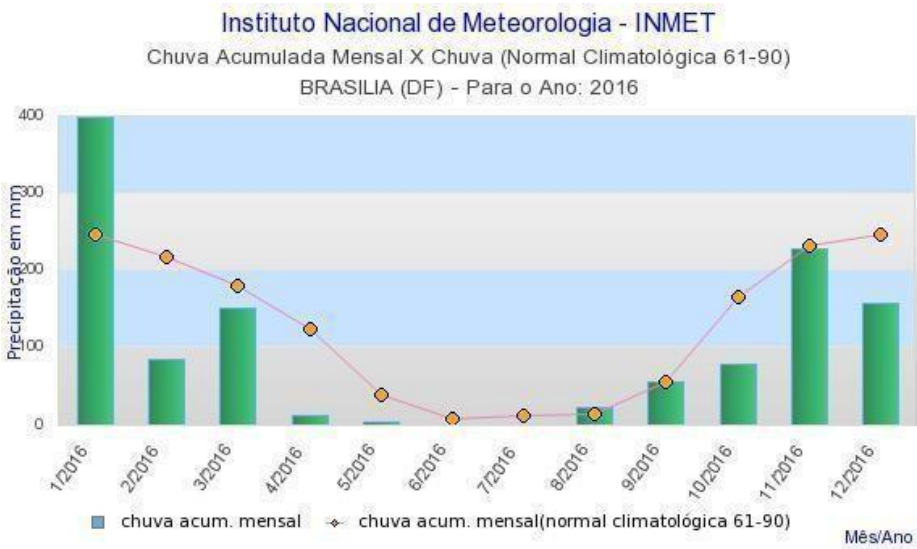
**Figura 3** - Abertura de valas



**Fonte** – O autor, 2017.

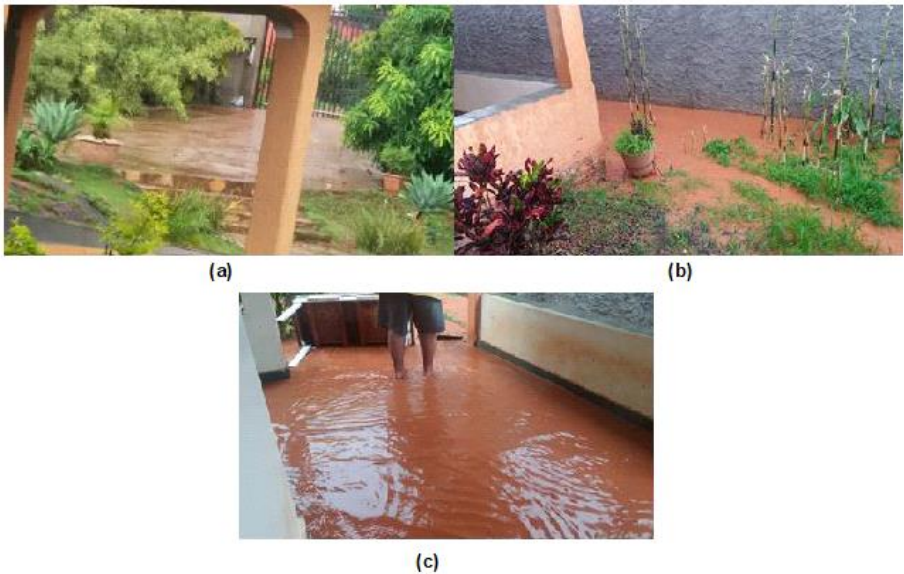
A demora nas primeiras etapas, que causaram transtornos à comunidade, se agravou na segunda etapa, que teve uma forte diminuição do ritmo por parte do empreiteiro, que fora justificado devido à falta de pagamento das medições. Devido a alteração do cronograma, era previsto o início da época de chuvas na região, o que pode ser demonstrado através da figura a seguir:

Figura 4 – Chuva Acumulada Mensal – 2016



Fonte – Instituto Nacional de Meteorologia, 2016

Figura 5 - Perspectiva da entrada no lote 02 (a) - Alagamento no fundo do lote (Jardim) (b) - Alagamento na Varanda (c)



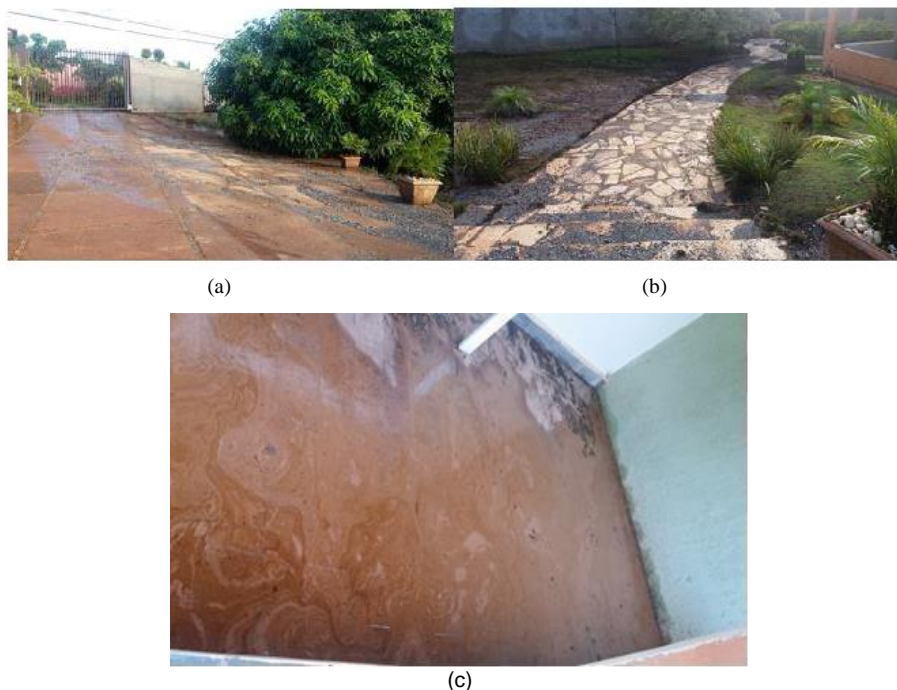
Fonte – O autor, 2017.

Após o acontecimento, na segunda feira dia 27 de novembro, o morador do lote 02, realizou uma visita ao canteiro da obra tendo como objetivo avisar o responsável da obra sobre o ocorrido e solicitar que a prevenção fosse realizada, para que os prejuízos não fossem maiores em consequência de novas chuvas. Após esse fato uma pavimentação provisória foi realizada pela empreiteira.

No dia 01 de dezembro de 2016, no período noturno, mais uma forte chuva atingiu a região. Devido à implantação emergencial da pavimentação e por condições climáticas adversas, o material implantando na pavimentação provisória não suportou a força da chuva e foi deslocado para o interior dos lotes. Devido ao excesso de material asfáltico os moradores tiveram dificuldades de acesso e locomoção no decorrer do dia.

As figuras abaixo mostram os materiais asfálticos (brita, pinche) além da lama na entrada da residência e por todo o jardim e varanda.

**Figura 6** - Perspectiva da entrada da casa com brita (a) - Material asfáltico (brita e pinche) por todo o jardim (b) - Material asfáltico e lama na varanda da casa (ardósia) (c)



Fonte – O autor, 2017.

Nas fotos acima pode-se observar a quantidade de material que foi transportada pela água ao lote e os danos à grama, queimada pelo pinche do asfalto que desceu com o fluxo da água. Além do jardim, o piso e paredes também foram danificadas.

Mais uma tentativa de comunicação com a empresa foi realizada pelos moradores do lote 02 e após visita feita pela equipe da empresa ao lote 01 observou-se a gravidade do problema. Uma técnica da empresa visitou o local foi e analisou o prejuízo ocorrido no jardim e na varanda devido ao excesso de piche, brita e lama.

A empresa comunicou que iria arcar com todo o processo de limpeza, este feito de maneira tardia e sem medidas preventivas para que não ocorresse o mesmo evento novamente.

No dia 08 de dezembro de 2016, pela manhã, mais um problema foi relatado, porém dessa vez com mais gravidade. A água da chuva proveniente da rua entrou no lote 01 e a força da água derrubou grande parte do muro que divide o mesmo com o lote 02. O fluxo de água derrubou não só o muro da direita, como o da esquerda, além também de invadir o interior da casa.

As fotos a seguir mostram o local após o ocorrido. O asfalto recentemente colocado, foi todo danificado em apenas um dia de chuva. Porém as outras imagens mostram a parte interior do lote em que houve o maior dano e no interior da residência.

**Figura 7** - Vista da rua 01 depois da chuva (a) - Queda do muro entre os lotes 01 e 02 (b) - Queda do muro entre os lotes 02 e 03 (c)



(a)



(b)





(c)

Fonte—O autor, 2017.

**Figura 8** - Resto de material que foi levado para o final do telhado pela força da água (a) - Resto de Material no jardim e varanda levado devido a força da água (b) - Lama que entrou dentro da residência devido a força da água (c) - Água que entrou dentro da residência do lote 01 (d)



(a)



(b)



(c)

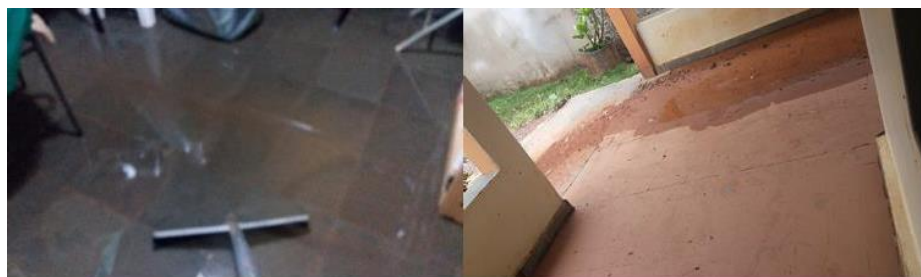


(d)

Fonte—O autor, 2017.

A empresa analisou o prejuízo e comunicou que iria tomar as devidas providências, porém, mesmo com esse episódio, as obras na rua não foram finalizadas. Não obstante, no dia 13 de dezembro de 2016, pela madrugada, a água novamente adentrou a casa no lote 02, ocasionando mais prejuízos.

**Figura 9** - Água dentro da residência devido (a) - Lama na varanda devido a forte chuva na madrugada (b)



(a)

(b)

Fonte – O autor, 2017.

Apenas após os acontecimentos foram tomadas providências por parte da empresa, porém, o trecho final da rua 01 ainda se encontra em estado crítico. É importante ressaltar que após análise do histórico da região, mesmo em épocas de precipitação de maior intensidade não foram registrados estragos relevantes nas residências.

Dessa forma esse evento é dito como causa próxima tendo em vista que foi a partir do momento das chuvas intensas que o problema se manifestou, pois cronologicamente foi a última causa da situação para que o dano tivesse ocorrido, porém ela também se encaixa como uma concausa pois agravou algo que já estava ali, fez que se manifestasse direito.

A contenção na entrada dos lotes que impediavam a entrada da água foi retirada, sem prevenção feita pela executora da obra de revitalização. Além disso, também existiam bueiros feitos pelos próprios moradores da região, os quais deixaram de ser utilizados pois a empreiteira justificou que novos seriam executados no decorrer da obra, contudo não foram implantados até o momento.

A retirada e execução inadequada da pavimentação em dia de chuva, a desativação do sistema de drenagem antigo, além da paralização da obra são ditas como causas eficientes pois mostra que são as causas que mais contribuíram para o resultado.

Para melhor entendimento dos aspectos jurídicos envolvidos nesse caso, a tabela abaixo apresenta os pontos determinantes do ocorrido:

Tabela 1 - Resumo

ATO	NEXO CAUSAL	DANO
Retirada da pavimentação	A retirada da pavimentação ocasionou também a remoção de partes da calçada em frente aos lotes, o que possibilitou maior facilidade para entrada da água proveniente da chuva.	Entrada excessiva de materiais indesejados no interior dos lotes (areia, lama).
Desativação do sistema de drenagem antigo	A desativação do sistema de drenagem antigo sem a substituição por uma nova rede, fez com que o fluxo de água fosse desviado de forma inadequada.	Elevação excessiva do nível d'água durante o período da chuva, gerando enchentes que tornaram inviável o acesso aos lotes.
Pavimentação inadequada em dia chuvoso	A execução inadequada do asfalto em um trecho da rua.	Remoção do asfalto recém implantado além do deslocamento deste material para o interior dos lotes.
Paralização da obra	Problemas entre o agente público e a empresa responsável pela Obra.	Não execução do asfalto recém removido, drenagem inacabada.

Fonte – O autor, 2018.

5 CONCLUSÃO

Foi possível observar que embora a obra de revitalização tenha passado por várias etapas, esta ainda não foi concluída. Além disso, apesar das medidas emergenciais adotadas nos arredores, os problemas não foram efetivamente solucionados devido a indisponibilidade de verba para continuidade da obra.



Porém é de responsabilidade dos agentes executores (empresa e fiscalização) os problemas ocorridos, e esses por sua vez têm a obrigação de reparar os danos causados aos moradores.

Cabe ainda frisar que o canteiro de obra foi desmobilizado, sem conclusão da obra, o que pode gerar, em um curto intervalo de tempo, novos prejuízos aos moradores da região, tendo em vista a chegada de um novo período com alto índice pluviométrico.

No que tange a parte jurídica, o Estado se faz responsável pela finalização da obra, para que esta atenda de forma eficiente a região. A relação entre empreiteira e Estado deve ser resolvida de tal forma que não gere prejuízos ou transtornos a população.

Nos aspectos técnicos, é notório a vasta gama de possibilidades e tecnologias que podem ser utilizadas para melhorias em intervalo de tempo adequado e que atendem as demandas. Os agentes executores, em esfera pública e privada, devem utilizar do planejamento estratégico e boa relação, para que a população seja a maior beneficiada ao final do processo de aquisição das obras públicas.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 8.666**, de 21 de junho de 1993. Disponível em: Acesso em: BRASIL. **Lei nº 10.257**, de Julho de 2001.

CAVALIERI FILHO, Sérgio. **Programa de responsabilidade civil**, 6 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

Conselho Nacional de Justiça. Saiba como resolver um processo por meio de conciliação. Agência CNJ de Notícias, 2013. Disponível em: <<http://www.cnj.jus.br/noticias/cnj/59756-saiba-como-resolver-um-processo-por-meio-de-conciliacao>>. Acesso em 10 out. 2017.

Climatologia Local. MEIRELLES, H. L. A Responsabilidade Civil Decorrente da Obra Pública. p. 16–21, [s.d.]. MENAH, D. Ações sobre Danos Materiais. Disponível em: <<https://danielmenah.jusbrasil.com.br/modelos-pecas/229660559/acao-de-indenizacao-sobre-dano-material>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

CREA/SP. **Engenharia e Agronomia em Serviços de Obras Públicas**, 2017.  
DOMINGUES, M. A. Orçamentação de Empreendimentos de Arquitetura e Engenharia Civil - Uma Solução Metodológica Para Atender a Lei de Responsabilidade Fiscal e a Lei de Licitações. p. 1–18, 1988.

ENGENHANDO DIREITO. Responsabilidade do Engenheiro.

FABIANO, M. et al. **Análise de Jurisprudência Relacionadas à Construção Civil**. p. 358–365, 2013.

FERRAZ, Luciano. Função regulatória da licitação. **A&C-Revista de Direito Administrativo & Constitucional**, v. 9, n. 37, p. 133-142, 2009. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Chuva Acumulada Mensal. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Estação de Brasília -

MOTTA, C. A. P. Qualidade Das Obras Públicas Em Função da Interpretação E Prática Dos Fundamentos da Lei 8.666/93 E Da Legislação Correlata. p. 1– 16, [s.d.].

Revista da Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo. O conceito de terceiro no processo civil. André de Albuquerque Cavalcanti Abbud, 2004. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rfdusp/article/view/67648>>. Acesso em 10 out. 2017

SPADOTTO, A. et al. Impactos Ambientais Causados pela Construção Civil. **Unoesc & Ciência – ACSA**, v. 2, n. 2, p. 173–180, 2011.

# TECNOLOGIA DE TRATAMENTOS DE FISSURAS EM FACHADAS DE REVESTIMENTO EM PINTURA: UM ESTUDO DE CASO

## TECNOLOGY TREATMENT OF FACADE CRACKS ON PAINTING FINISHES CASE STUDY

Charles Nunes Borduni<sup>1</sup>  
Nielsen José Dias Alves

### RESUMO

Manifestações de patologias em fachadas estão cada vez mais presentes nas edificações. O presente trabalho pretende relacionar manifestações de patologias em fachadas construídas em paredes de concreto com formas moldadas in loco. Nesse sentido, efetuou-se um levantamento das manifestações de patologias, com especial foco para os revestimentos de pintura. Ademais, analisaram-se as obras em paredes de concreto no Riacho Fundo II/ DF, que além de identificar as anomalias existentes, procurou definir uma metodologia de reabilitação/ restauro mantendo a funcionalidade e o aspecto. Verificou-se que as manifestações patológicas analisadas nas fachadas dos edifícios nasceram de anomalias construtivas. Identificou-se também que a fissuração foi a principal anomalia encontrada. Este trabalho contempla ainda, numa fase posterior, um conjunto de recomendações, que indicam soluções para a reabilitação de fachadas dos edifícios, de forma a garantir que as mesmas assegurem resultados satisfatórios a longo prazo.

**Palavras-chave:** Patologias. Fissura. Fachadas. Pintura.

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UnICEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Projeto, Execução e Manutenção de Edificações, sob orientação do Prof. MSc. Nielsen José Dias Alves

## ABSTRACT

Nowadays facades' pathologies are more present in buildings. So this study are related to manifestations of pathologies in facades constructed in assembled concrete walls. In this sense, we made a survey of the problems in the facade, with a special focus on painting finishes. Whatelse, the study was in Riacho Fundo II / DF about concrete walls, which, in addition to identifying the existing anomalies, sought to define a rehabilitation / restoration methodology the could prove the functionality and appearance of the build. It was verified that the pathological manifestations analyzed in the facades of the buildings, were born, of constructive anomalies. It was identified that the cracking was the main anomaly found as well. This work also includes, that to do next, a set of recommendations, which indicate solutions for the rehabilitation of facades of buildings, in order to ensure that the buildings continue in satisfactory conditions.

**Key words:** Pathologies. Facades. Treatment. Painting Finishes.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, existem mais tecnologias no sentido de melhorar a qualidade da construção. No entanto, verifica-se a ocorrência com frequência o aparecimento diversificado de fissuras em edifícios.

São inúmeras as manifestações patológicas que afetam as fachadas dos edifícios. Estas são oriundas da soma de vários fatores, devido principalmente à evolução da tecnologia e de novos materiais que não são acompanhados pelos supervisores da qualidade, que intervém no setor da construção.

A celeridade muitas vezes imposta na realização dos projetos, a redução forçada do tempo de execução das obras, a tecnologia não dominada pelos projetistas e executores, ajudam na ocorrência de diversas patologias. Apesar da análise se voltar para a produção, detalhar a execução do acabamento externo ajuda a evitar as patologias que poderão se tornar onerosas demais para as construtoras.

As patologias em fachadas certamente estão entre os problemas mais temidos pelos construtores. Importantes não só pelo aspecto visual, os revestimentos cumprem um papel na durabilidade e proteção das edificações. Parece óbvio que essa fase de construção mereça ser tratada com planejamento e cuidadosos procedimentos executivos. Porém, só nos últimos anos as construtoras passaram a

investir em projeto de revestimento de fachada, acompanhando o movimento de racionalizar, de forma geral, os serviços na construção.

A principal característica desse tipo de trabalho é o foco dado à produção. Mais do que plantas e desenhos com detalhes construtivos, o projeto de fachadas descreve como o revestimento deve ser executado. Isso se justifica porque grande parte das patologias que atinge as fachadas decorre de falhas durante a execução. Dessa forma, o primeiro objetivo é oferecer todo o detalhamento construtivo necessário para que as decisões sejam planejadas, em vez de serem tomadas no canteiro. A idéia é tratar minuciosamente os pontos que são focos em potencial de patologias. O projeto descreve todas as interferências existentes na fachada, possíveis zonas de estrangulamento causado por tensões excessivas, locais de enrijecimentos ou reforços de base, dimensionamento e posicionamento de juntas de movimentação, traços e forma de assentamento.

O problema mais comum ocorre com respeito aos vãos nas janelas, que precisam de reforços para dissipar as tensões.

Em tese, com um projeto minucioso em mãos, o executor sabe exatamente o que deve ser feito e o engenheiro de obra sabe o que exigir dos empreiteiros. No entanto, apenas o fato de existirem detalhes construtivos pormenorizados no papel não garante que tais procedimentos serão realizados como previsto. Surge então a necessidade de o engenheiro responsável estar atento também ao controle da execução.

Muitos apontam essa como a parte mais crítica de todo o processo. Como o serviço normalmente é contratado por empreitadas, para a mão de obra, quanto mais rápida for a execução, melhor para a construtora. O problema é que muitas vezes esse "ganho de velocidade" se converte em perda de qualidade. Por isso, o projeto de revestimento de fachadas precisa considerar também suporte e treinamento do pessoal de campo.

Uma série de pequenas falhas de execução pode implicar consequências graves para as construtoras. Outra situação que pode gerar patologias é o uso de pouca água na cura do concreto.

O uso sistemático de projeto de revestimento de fachadas, porém, ainda se limita a um pequeno grupo de construtoras que priorizam o desempenho técnico de suas construções, antes mesmo de custos. Até porque não é o objetivo desse tipo de projeto agregar economia, nem aumentar a produtividade, mas evitar patologias.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Função do revestimento externo**

Para os fins de definição das propriedades mais importantes dos revestimentos externos, as exigências de uso, relativas à segurança e habitabilidade, bem como a exigência de compatibilidade geométrica, física química entre o revestimento e a sua base e o acabamento final previsto. Quanto à habitabilidade, o revestimento de fachada deve desempenhar sozinho ou associado ao seu suporte, uma ou mais funções, como a estanqueidade à água, isolamento térmico e acústico e a estética da edificação. (VERÇOZA, 1991)

É importante lembrar que não é função do revestimento dissimular imperfeições grosseiras da base (paredes, etc).

No que diz respeito à segurança, as exigências devem ser atendidas pela parede como um todo, podendo ou não haver a contribuição do revestimento. A função primordial que um determinado revestimento deverá desempenhar deve ser considerada como importante fator quando da elaboração do projeto. (VERÇOZA, 1991)

### **2.2 Metodologia das funções do projeto para melhores desempenhos.**

Na metodologia das Funções dos acabamentos, procedimentos de execuções e controles, bem como diretrizes para as manutenções, específicas para a obra, de forma a obter um desempenho satisfatório do revestimento ao longo do tempo. Para que os resultados sejam obtidos, é necessário contemplar:

- a) Condicionantes para o projeto;
- b) Especificação dos materiais;

- c) Diretrizes de seleção do sistema;
- d) Diretrizes para controle de produção;
- e) Diretrizes de inspeção e manutenção.

O projeto de revestimento será diferenciado dos demais projetos da obra por apresentar uma característica evolutiva em que alguns parâmetros usados no projeto terão que ser aferidos num determinado instante da obra, como: alinhamento da estrutura, propriedades dos componentes da vedação, experiência das empresas aplicadoras do revestimento e outros. Contudo, a sequência de desenvolvimento do projeto de revestimento pode ser:

a) Projeto inicial – finalizado antes do início do assentamento das formas na execução da parede de concreto: o projetista apresentará em linhas gerais o partido do projeto, bem como as especificações básicas de desempenho dos materiais;

b) Verificação de parâmetros – iniciada após o início da parede de concreto: deverão ser testados e ensaiados os parâmetros definidos no projeto inicial nas condições de obra (painéis), para definição dos produtos e sistemas com as suas respectivas marcas a serem utilizados. Deverá também atentar para esta etapa mais demorada do processo, demandando no mínimo 15 a 45 dias para a sua conclusão;

c) Verificação de desvios geométricos da estrutura, definição da mão de obra e equipamentos – será executada logo após a conclusão da estrutura;

d) Projeto final – será concluído antes do início dos trabalhos de revestimento de fachada.

## **2.3 Condicionantes para o projeto.**

Para a realização de um projeto depende da qualidade e disponibilidade de informações para subsidiar as decisões do projetista. Para o projeto de revestimento é necessário levar em consideração os seguintes fatores:

a) Condições ambientais: são necessárias informações sobre condições de insolação, regime de chuvas, umidade relativa do ar, temperatura, ventos predominantes, poluentes na atmosfera e outros. Essas variáveis são importantes

para a formulação do concreto (retenção de água, impermeabilidade), condições e períodos de aplicação, textura da camada decorativa e junta;

b) Arquitetura: projeto arquitetônico, cores e elementos decorativos. Estas variáveis são importantes para paginação da fachada, elaboração dos reforços e juntas;

c) Estrutura: geometria, rigidez e deformações previstas. Estas variáveis são importantes para definição de juntas, detalhes construtivos das ligações das estruturas, preparação da base, definição de ponte de aderência. Estes detalhes condicionam a viabilidade do uso de revestimento de acabamento em textura rolada;

d) Instalações: interferência nas fachadas, como rasgos e aberturas. Estas variáveis são importantes para a definição dos enchimentos e reforços;

e) Vedação: detalhes deste projeto, materiais utilizados e suas interferências nos revestimentos de fachada. Variáveis importantes para a definição de juntas e reforços no revestimento de fachada, bem como da definição da ponte de aderência (chapisco) e preparação da base;

f) Processos construtivos: estrutura (sistema de forma, velocidade de desforma, resistência do concreto, tipologia protensão), equipamentos (“andaime fachadeiro”, balancim, elétrico ou não, plataformas elevatórias) e mão de obra (nível de qualificação) prevista inicialmente e preferencialmente serão empregados. Estas variáveis são importantes para definições do projeto, especificação dos materiais da fachada e definição do processo de aplicação da acabamento externo;

g) Prazos: o cronograma das atividades é importante para a elaboração do planejamento e para a definição de toda a logística de produção. O desenvolvimento do projeto de revestimento deve ser iniciado logo após a entrega dos projetos preliminares da arquitetura e estrutura.

Nesta etapa, o projetista tem condições reduz as incompatibilidades entre os projetos. Em vários casos o projeto é iniciado com a obra já em andamento. Todas as decisões tomadas nos projetos anteriores terão que ser aceitas como condicionantes, o que aumenta muito o risco de desempenho insatisfatório. O projeto de revestimento externo tem como referências os projetos de estrutura, arquitetura,



instalações e as recomendações dos fabricantes de tintas e dos outros componentes da fachada, e, por fim, os processos executivo e os controles adotados pela construtora. (THOMAZ, 2007).

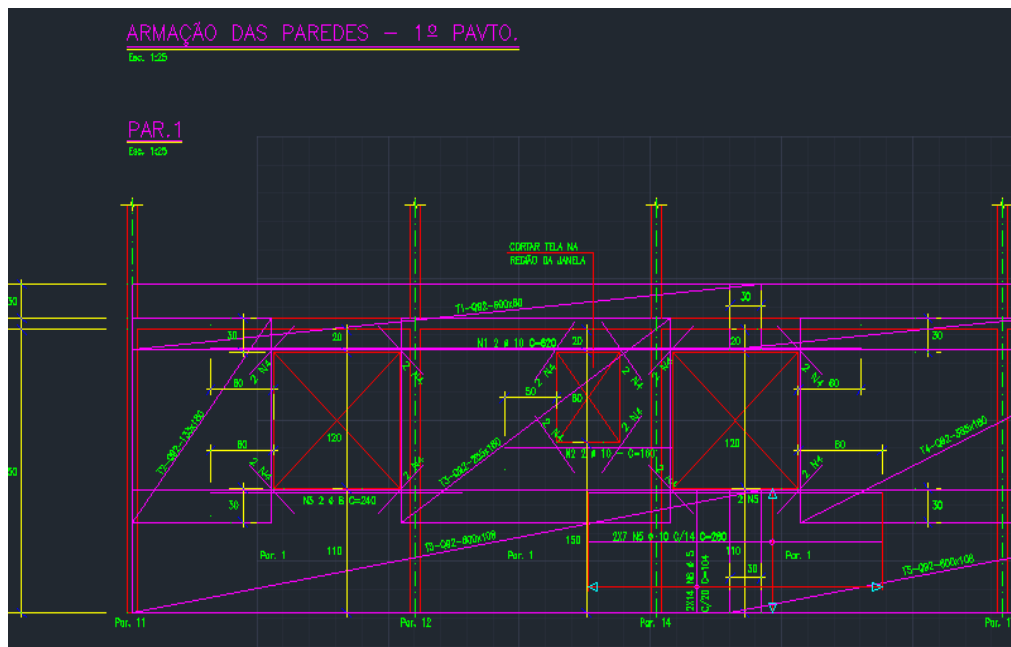
## **2.4 Detalhamento do projeto.**

O projeto de detalhamento têm como função transmitir e auxiliar a compreensão das soluções propostas pelo projetista. Os principais são:

- a) Projeção das fachadas (arquitetura) sobre a estrutura de concreto;
- b) Elevação das fachadas, posicionando os frisos, e/ou as juntas de movimentação;
- c) Posicionamento e identificação das molduras e outros elementos decorativos, definidos no projeto arquitetônico;
- d) Fixação dos elementos decorativos (pré-moldados), que deverá ser compatibilizada e aprovada pelo projetista, fazendo parte do projeto;
- e) Indicação das regiões que deverão ser reforçadas com telas ou outro material (planta e elevação);
- f) Posicionamento da plataforma elevatória e dos demais equipamentos de transporte e mistura.

A figura 1, a seguir, demonstra o aço aplicado na fachada do Edifício construído no Riacho Fundo II, com detalhes.

**Figura 1:** Detalhe estrutural das paredes em concreto na fachada.



Fonte: A Mais Construtora Ltda.

## 2.5 Especificação dos materiais e equipamentos.

Na fase final do projeto, os materiais e equipamentos envolvidos no processo devem ser indicados de forma exata para não ocorrerem imprevistos ou substituições com materiais que não apresentem características ou desempenhos esperados. Devem ser especificados ainda:

- a) Os equipamentos para o preparo e limpeza das bases que proporcionem ao concreto e na execução do estuque micro ancoragem e macro ancoragem;
- b) Adição de aço nos cantos dos vãos;
- c) As telas de reforço: telas plásticas e telas metálicas galvanizadas devem ser dimensionadas e posicionadas em projeto;
- d) Execução de shaft externos para vedação da tubulação do esgoto e captação de águas;

e) Os acabamentos: podem ser em forma de pintura ou poliméricas (textura). Devem ser abordados em projeto considerando o dimensionamento de elementos como juntas;

f) Aplicação de material selante no encontro de materiais diferentes e de camadas de emendas na execução da pintura.

### *2.5.1 Procedimento e preparo.*

Na parede de concreto para a montagem das formas há a necessidade de vedar a passagem dos parafusos que a forma precisa para seu travamento. Fato pela qual, executa-se o estuque no concreto, figura 2. Já no concreto há uma película na superfície do concreto causado pelos aditivos na mistura do material, que deve ser escovado para melhor aderência do acabamento. (THOMAZ, 2007).

**Figura 2:** Vista da fachada sem acabamento.



Fonte: Autoria própria.

Nos vãos das janelas, decorrente aos esforços nos cantos há a necessidade de inserir aço adicional na posição transversal para conter a movimentação e dissipar os esforços. (THOMAZ, 2007).

## 2.6 Patologia

Entende-se por patologia todas as manifestações, que ao longo da vida útil de determinado edifício, prejudicam o seu desempenho. No entanto, apenas serão estudadas as que causam as fissuras nos revestimentos exteriores dos edifícios.

Assim, é de crucial importância conhecer, em primeiro lugar, as variadas origens que conduzem ao aparecimento da patologia. Nesse sentido, pode classificar-se em 03 tipos, que segue:

**Construtivas:** quando a sua origem está relacionada com a fase de execução da obra, resultante do emprego de mão de obra desqualificada, produtos não certificados, ausência de metodologia para aplicação do material, que também são responsáveis por grande parte das anomalias em edificações.

**Adquiridas:** quando ocorrem durante a vida útil dos revestimentos, sendo resultado da exposição ao meio em que se inserem, podendo ser naturais, decorrentes da agressividade do meio, ou da ação humana, em função de manutenção inadequada ou realização de interferência incorreta nos revestimentos, danificando as camadas e desencadeando um processo patológico.

**Acidentais:** caracterizadas pela ocorrência de algum fenômeno atípico, resultado de uma solicitação não pontual, como a ação da chuva com ventos de intensidade superior ao normal e até mesmo incêndio. A sua ação provoca esforços de natureza imprevisível, especialmente na camada de base e sobre as juntas, quando não atinge até mesmo as peças, provocando movimentações que irão desencadear processos patológicos em cadeia.

É normal responsabilizar somente as empresas construtoras pelos defeitos de construção, quando, muitas vezes, esses também resultam de uma deficiente concepção ou omissão por parte dos projetistas.

Assim, determinada patologia pode ter origem, devido à falhas na fase de projeto, quando os materiais escolhidos não são compatíveis com as condições de uso, ou quando não há um estudo cuidadoso das interações do revestimento com outros elementos do edifício, quer devido a erros na fase de execução, quando a mão de obra não é especializada, ou quando, não há um adequado controle do processo de produção. (THOMAZ, 2007).

Geralmente, os projetos são insuficientes no que respeitam à especificação dos materiais a empregar, características de execução e representação dos pontos singulares a escalas convenientes, assim como, recorrem cada vez mais a opções arquitetônicas potenciadoras de patologias, nomeadamente pela incidência mais direta nas fachadas dos agentes climatérios e pela sua maior esbelteza e desenvolvimento.

Por outro lado, algumas soluções arquitetônicas usadas hoje em dia e os ritmos de construção excessivamente rápidos praticados na atualidade, tornam a construção em geral e as paredes em particular extremamente sensíveis à qualidade de execução.

Além disso, os problemas decorrentes de um deficiente projeto de execução e da utilização de mão de obra não qualificada, acarreta o aparecimento da patologia nas fachadas dos edifícios, presos também, por aspectos económicos. Relativamente aos aspectos de carácter económico, a seleção das soluções a empregar na realização de paredes, deveria resultar de uma ponderação mais consistente do que a habitualmente efetuada entre nós, considerando no custo total a construção, utilização e manutenção.

Com o passar do tempo, os problemas patológicos que emergem nas fachadas dos edifícios agravam-se e as correções são mais duráveis, mais fáceis de executar e mais baratas, quanto mais cedo forem realizadas.

Se por outro lado, essas medidas não estiverem previstas em projeto e forem postas em prática, apenas na fase de execução, conduzem a um custo muito mais elevado, para se alcançar o mesmo tempo de vida útil.

As operações isoladas de manutenção (manutenção preventiva), como pinturas, limpezas de fachadas, impermeabilizações, entre outras, que têm como objetivo assegurar condições favoráveis da fachada durante o seu período de vida útil, métodos que podem custar bem menos, se as mesmas fossem consideradas em projeto. (THOMAZ, 2007).

Se a fachada já atingiu um nível de desempenho inferior ao definido em projeto, apresentando anomalias claras, é necessária uma intervenção de reparo ou reforço (manutenção preventiva), à qual está associado um custo relativamente maior do que se as mesmas fossem contempladas na fase de projeto.

Afirmar-se também, que baixa qualidade do projeto e a existência de erros e omissões, são a causa mais relevante para a existência de desvios, entre o custo estimado e o custo final da obra.

Não obstante, em termos de desempenho, são geralmente forçados nas intervenções nas fachadas dos edifícios, sejam elas preventivas ou corretivas, para que esta consiga atingir o período de vida útil definido em projeto.

Dependendo do estado de degradação que determinada fachada tenha atingido, assim deve-se optar pela operação de manutenção, mais vantajosa, a levar a efeito ou se prefere uma intervenção mais intensa quando começarem a figurar os primeiros sinais de degradação ou também será efetivo as operações mais localizadas, e dessa forma, mais repetidas ao longo do tempo.

Assim, as manifestações de patologia que se desenvolvem frequentemente nas fachadas dos edifícios, resultam, sobretudo, da existência de um projeto deficiente em termos de soluções construtivas, restrições de caráter econômico e utilização de mão de obra deficiente.

### *2.6.1 Principais Patologias em Fachadas com Revestimento de Pintura*

No que se refere a este estudo de revestimento de fachada, nas áreas estudadas do Guará e Águas Claras verificou-se a ocorrência de manifestações

patológicas com origens diversas. Pelo exposto, demonstra-se algumas das patologias:

a) Eflorescências: são manchas esbranquiçadas que surgem nas superfícies pintadas. Ocorre quando a tinta foi aplicada sobre reboco úmido, ainda não curado completamente. A secagem do reboco acontece por eliminação de água sob forma de vapor, que arrasta materiais alcalinos solúveis do interior para a superfície pintada, onde se deposita, causando manchas. O problema pode ocorrer também em superfícies de cimento, concreto, tijolo, e outros materiais. Com o passar do tempo as manchas, geralmente brancas, tem a tendência a expandirem originando empolamento e descasque do revestimento, figura 3.

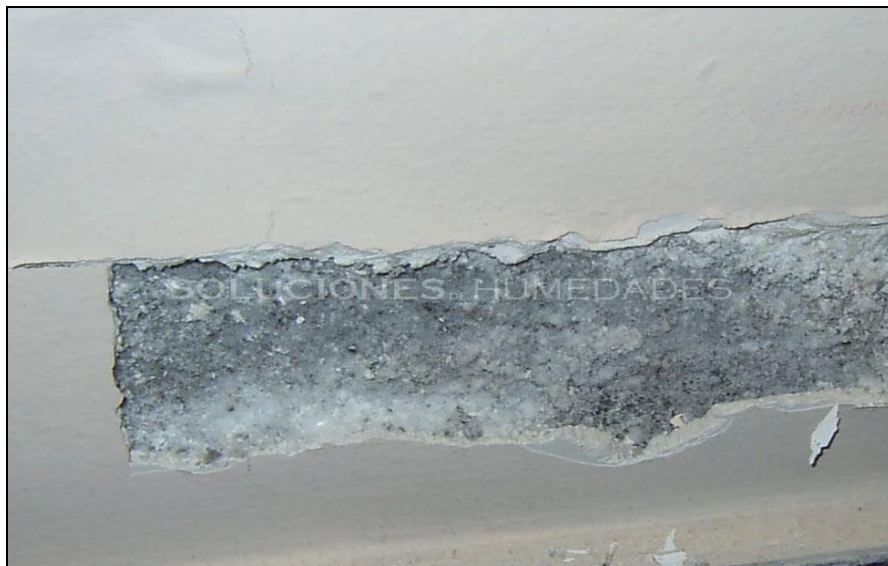
**Figura 3:** Demonstrativo típico de eflorescência.



Fonte: Site Weber.

b) Desagregação: é a destruição da pintura, que se esfarela e solta da superfície junto com partes do reboco. O problema ocorre quando a tinta é aplicada antes da cura completa do reboco, figura 4.

**Figura 4:** Demonstrativo de desagregação.



Fonte: Site Weber.

c) Saponificação: é o aparecimento de manchas na superfície pintada (em geral provoca descascamento ou destruição da tinta PVA) e retardamento indefinido da secagem de tintas à base de resinas alquídicas (esmaltes e tintas à óleo), figura 5.

**Figura 5:** Demonstração de saponificação



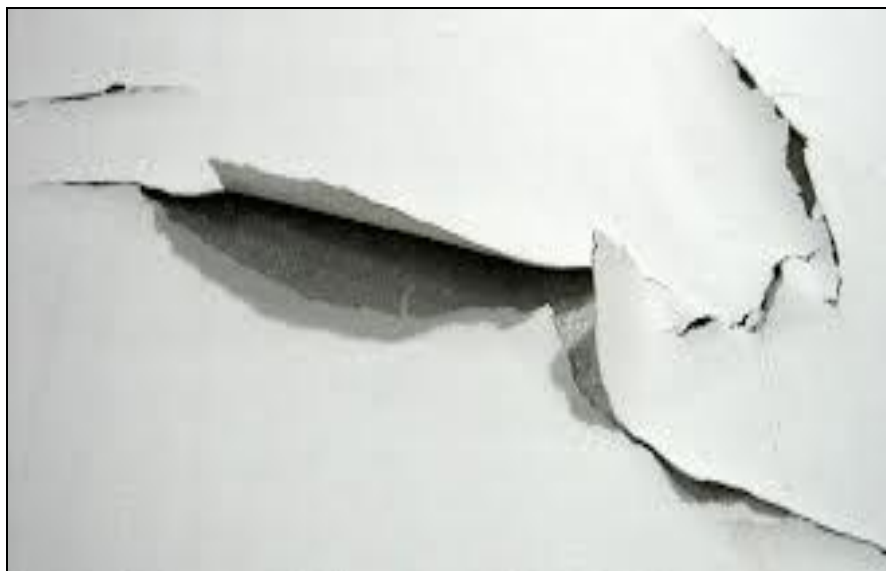
Fonte: Site Weber.



Esta Patologia é causada pela alcalinidade. Na presença de umidade, o substrato reage com a acidez característica de alguns tipos de resina, acarretando a saponificação.

d) Descascamento: A figura 6 pode ocorrer quando a pintura for executada sobre caiação, sem que se tenha preparado a superfície. Qualquer tinta aplicada sobre caiação está sujeita a descascar rapidamente. Para que isto não ocorra, antes de pintar devem ser eliminadas as partes soltas ou mal aderidas, raspando ou escovando a superfície. Em centros industriais, com grande concentração de poluentes ou regiões à beira mar, os sais da superfície devem ser removidos com água sob pressão.

**Figura 6:** Demonstrativo de descascamento.



Fonte: Site Weber.

e) Manchas causadas por pingos de chuva: Os pingos ao molharem a pintura recém-executada, trazem à superfície os materiais solúveis da tinta, surgindo às manchas. Para eliminá-las basta lavar o local com água, sem esfregar.

f) Trincas: De modo geral são causadas por movimentos da estrutura. Para corrigir, recomenda-se a abertura da trinca com ferramenta específica para este fim

ou esmerilhadeira elétrica. É necessário retirar a poeira do local, aplicar um fundo preparador à base de água e um selador de trincas.

g) Fissuras: As fissuras ou trincas, rasas e sem continuidade, entre outras causas, podem ser provocadas por tempo insuficiente de hidratação da cal antes da aplicação de reboco ou devido à camada de massa fina estar muito espessa. Recomenda-se, para correção, raspar e escovar a superfície, eliminando-se partes soltas, poeira, manchas de gordura, sabão ou mofo, figura 7. Deve-se aplicar em seguida um fundo preparador para paredes à base de água.

**Figura 7:** Demonstrativo de fissuras:



Fonte: Site Weber.

## 2.7 Fissuras

As fissuras podem ser por causadas por retração, variação de temperatura, esforços mecânicos, recalques de fundação, movimentação higroscópica. Há doutrinadores que entendem que as fissuras podem ser ocasionadas pela retração do concreto, ausência de cura, uso de areia inapropriada, falta de juntas de dilatação e erro de calculo estrutural. (THOMAZ, 2007).

As fissuras são um tipo de patologia com grande influência no comportamento deste tipo de revestimentos. O seu aparecimento afeta a capacidade de impermeabilização, que ao permitir o acesso da água e de outros agentes agressivos, reduz a durabilidade da fachada. Geralmente o surgimento das fissuras no concreto se torna visível após alguns anos, sendo assim, difícil para apontar com exatidão sua origem ou as causas. Na maioria das vezes, uma combinação de fatores podem ser os responsáveis pelo surgimento das fissuras.

As fachadas com revestimento de textura sobre o concreto apresentam importantes funções dentre elas a de proteger os elementos de vedação dos edifícios da ação direta dos agentes agressivos, adequação para recebimento do revestimento de pintura, para o isolamento acústico caso tenha, regularização a superfície dos elementos de vedação. A execução da fachada é uma fase da construção que exige mão de obra e materiais de boa qualidade. (VERÇOZA, 1991).

É evidente que para evitar o surgimento dessas manifestações patológicas é necessário ter um projeto específico para a fachada, contendo todas as orientações técnicas da sua execução e as especificações dos materiais a serem utilizados.

### *2.7.1 Fissuras provenientes de abertura*

Nos métodos construtivos é muito comum o surgimento de fissuras nas aberturas dos vãos decorrentes da não utilização de vergas e contravergas. No caso das tecnologias de parede de concreto é pela ausência de aço para travar a movimentação dos esforços, dissipando a energia no vão das janelas. A figura 8, demonstra exemplos desta movimentação.

**Figura 8:** Detalhe das fissuras nos vão das janelas.



Fonte: Autoria própria.

Para evitar à ocorrência dessas fissuras as aberturas devem receber reforços com a colocação de aço dimensionado para dissipar as tensões nos canto das janelas.

Nos projetos o aço N2 estava sendo aplicado com a bitola de 6,3mm, que não estava sendo suficiente para dissipar as tensões.

### *2.7.2 Fissuras causadas por movimentação térmica.*

Esta patologia ocorre decorrente a movimentação térmica causada pela variação de temperaturas que provoca aumento volumétrico. Ao se resfriar as restrições impostas aos materiais provocam deslocamentos diferenciais com os surgimentos de aberturas de fissuras, conforme Figura 9, a seguir:

**Figura 9:** Detalhe de movimentação térmica.



Fonte: Autoria própria.

As movimentações térmicas de um material estão relacionadas com as propriedades físicas do mesmo e com a intensidade da mudança de temperatura. Uma das principais alterações físicas provocadas pela temperatura é a variação dimensional, isto é, movimentos de dilatação e contração dos materiais. Esta variação causa o aparecimento de tensões que podem levar a deformações e rupturas dos materiais.

Ressalta-se que o projetista deverá identificar em sua análise os materiais resistentes a diferença térmica. Contendo boa condutibilidade térmica, baixo coeficiente de dilatação, baixo módulo de deformação e elevada resistência aos esforços de tração.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

#### **3.1 Estudo de caso**

Em análise de campo, foram encontradas diversas fissuras nas edificações construídas no Distrito Federal como as apresentadas neste estudo. Para demonstrar

estas problemáticas foram selecionadas as obras em paredes de concreto no bairro do Riacho Fundo II.

O bairro contém 203 (duzentos e três) blocos, cada bloco tem 14 (quatorze) apartamentos. Sendo assim, o empreendimento possui 2.842 (dois mil e oitocentos e quarenta e dois) unidades habitacionais. A área do total da construção ultrapassa 18km de extensão e fica localizada O Riacho Fundo II se encontra na porção sudoeste do Distrito Federal, ao longo da DF-001.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as vistorias realizadas nos Edifícios em paredes de concreto, localizado Riacho Fundo II/ DF, destaca-se a presença de fissuras provenientes de aberturas de janelas, por movimentação térmica e erros executivos.

As edificações são vários condomínios no Riacho Fundo II, cada torre tem 03 (três) pavimento com 16 (dezesesseis) unidades habitacionais, as torres são novas e foram entregues neste semestre ao público pelo governo do Distrito Federal.

Na fachada do prédio (Figura 10), observam-se fissuras nos vãos das janelas. As fissuras como pode-se verificar já foram regularizadas. No entanto, no ato construtivo o aço não conseguiu dissipar as tensões nos cantos das janelas, fato pela qual, as fissuras foram na direção vertical.

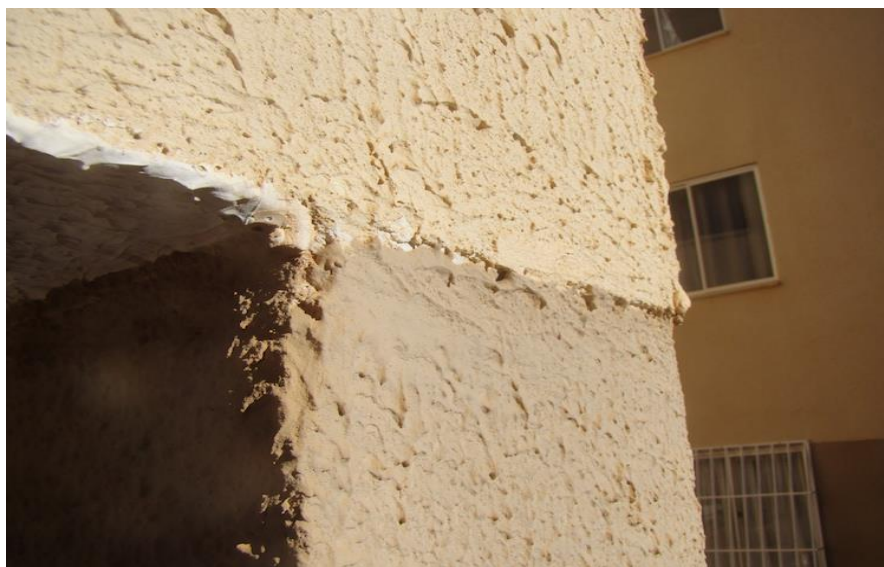
**Figura 10:** Detalhe das janelas na fachada.



Fonte: Autoria própria.

O cronograma da obra tinha como premissa executar a pintura de cima para baixo, sendo assim, a fachada do prédio era totalmente pintada e deixavam a pintura dos pilotis para uma segunda etapa de pintura. Observando e analisando essa técnica, foram identificadas algumas falhas na pintura permitindo infiltração na emenda do cobrimento da textura, figura 11. A Construtora acabou confidenciando que alguns apartamentos tiveram infiltração em seus ambientes internos com frequência no período das chuvas.

**Figura 11:** Detalhe da pintura nos pilares do pilotis.



Fonte: Autoria própria.

A água pode infiltrar no encontro das emendas do revestimento em textura. Possibilitando infiltrações nas paredes e estruturas e ainda podendo causar deslocamento da textura, eflorescência e outras patologias.

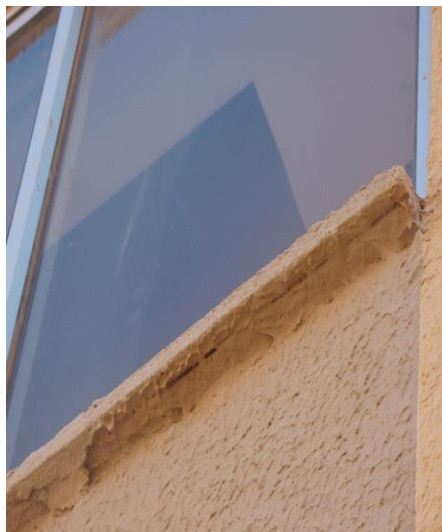


Figura 12: Detalhe dos peitoris das janelas sem textura.



Fonte: Autoria própria.

Figura 13: Detalhe dos peitoris das janelas com textura.



Fonte: Autoria própria.

Nas janelas tem a previsão de instalação dos peitoris com a pingadeira, figura 12. No entanto, na execução da aplicação da textura, a obra não executou corretamente e aplicou a textura deixando vazios em seu cobrimento e tem acabou vedando os sucos da pingadeira, tornando inútil sua utilidade, figura 13.

**Figura 16:** Indícios de eflorescência na fachada.



Fonte: Autoria própria.



Já na figura 16 identificou-se patologia de eflorescência. Esta região da fachada foi pintada com prazo de execução muito curto. Assim há a possibilidade de não ter havido a cura completa para ter iniciado a aplicação de textura na fachada, possibilitando a presença de patologias como a eflorescência.

Outro fator que chamou muita a atenção neste estudo foi a falta de conferência nas juntas de dilatação, pois visualizou-se várias juntas de dilatação danificadas e ou com a ausência do PU na vedação final. A construtora também utilizou limitador de profundidade em material esponjoso de polietileno.

A figura 14 retrata a ausência da vedação da junta de dilatação utilizando o PU, somente foi utilizado o EPS neste trecho. Já na figura 15 a PU esta rasgado e não houve manutenção.

Figura 14: Detalhe da junta de dilatação no platibanda.



Fonte: Autoria própria.

Figura 15: Detalhe da junta de dilatação no pilotis.

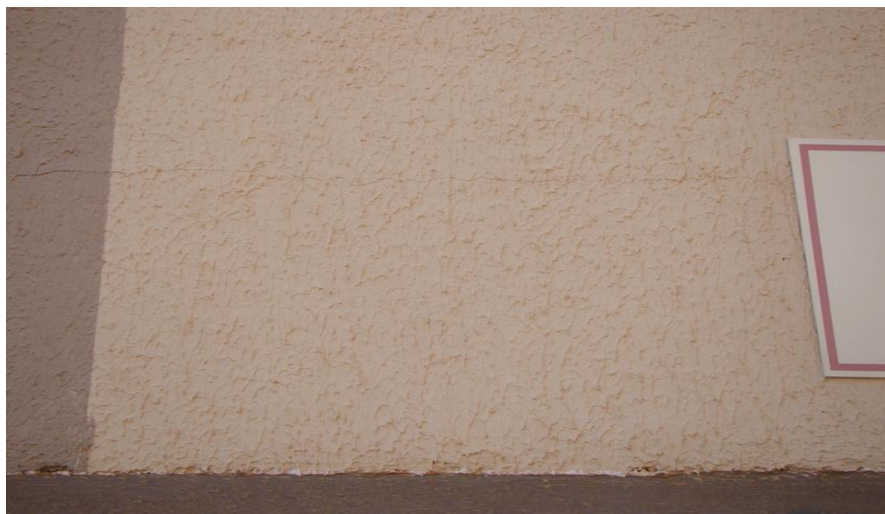


Fonte: Autoria própria.

Na fachada dos condomínios há presença de fissuras horizontais, possivelmente provenientes da retração na parede de concreto, figura 16.b. Essas fissuras ocorrem na fachada próximo ao platibanda e próximo ao pilotis.

No pilotis as fissuras de retração são no sentido vertical, figura 17. Essas fissuras aparecem no meio da parede do pilotis.

**Figura 16.b:** Detalhe de fissura horizontal na fachada.



Fonte: Autoria própria.

**Figura 17:** Detalhe de fissuras verticais na fachada.



Fonte: Autoria própria.

As fissuras demonstradas como retração ocorrem devido ao encurtamento e dilatação das lajes, no caso da fachada a movimentação laje do pilotis e da laje do 3º pavimento e na fissura vertical no pilotis e pela movimentação do radier na fundação/ piso do pilotis.

## 4.1 Reabilitação das Fachadas

Para combater as fissuras apresentadas nos edifícios do estudo, podemos tratar a patologia caso a caso. Pois, após a identificação da causa provável que tornou a patologia aparente e importante combatê-la de forma eficaz, para reduzir custos e manter a conservação da fachada da edificação. Para isto, deve-se ter certeza que os danos não prejudicaram as instalações e não comprometeu as estruturas.

Após análise dos fatos e identificado que as fissuras não comprometem a segurança do edifício. Iniciam-se outras análises, como:

- a) Em que período do ano irá executar o serviço;
- b) Se o reparo será definitivo ou provisório;
- c) Em que estágio esta a fissura.

Neste momento, deve ser analisada a real natureza da fissura, para que a patologia seja contida na execução da reabilitação da fachada.

As fissuras em paredes são as que mais chamam atenção na fachada. Para estética, a recuperação das fissuras são as mais recorridas nas obras de reabilitação de fachadas.

Para a recuperação desta patologia é muito utilizado material flexível no encontro entre parede e a viga ou pilar. A tela de poliéster é o material utilizado para conter a tensão no acabamento em textura.

Salienta-se, que em estruturas muito longas ou até paredes intermediárias deverão ser criadas juntas de dilatação para que ocorram fissuras. No caso das paredes de concreto as formas já determinam a localização das dilatações na execução da montagem das formas.

Os vãos de janelas ocorrem as fissuras que são combatidas com telas poliéster. As telas são excelentes para dissipar as tensões. Além das telas é aconselhado a utilização de pintura elástica encorpada.

## 5 CONCLUSÃO

Este estudo teve uma grande importância para se adquirir novos conhecimentos. Foi uma continuação dos estudos realizados na graduação do curso de Engenharia Civil.

Os objetivos traçados no início deste estudo pela especialização foram alcançados visto que todo aprendizado foi exposto neste estudo, atingindo de forma eficaz as técnicas de campo com a teoria ministrada em sala de aula.

Atualmente, pondera-se apenas o custo de construção sem ter em conta os outros aspectos, designadamente a qualidade da execução e manutenção. Por esse motivo, e com vista a um maior ganho econômico no custo total de um edifício ao longo do tempo, é fundamental que, na fase de projeto, se tenha em consideração todas as medidas que visem o prolongamento da vida útil ou da durabilidade do edifício.

A Reabilitação é uma forma de diminuir a degradação da fachada dos edifícios mesmo sendo novos, identificando técnicas de construção para evitar a ocorrência de patologias nas edificações. No entanto, para evitar gastos e tempo desnecessários, aplicam-se materiais e técnicas de reabilitação com tecnologia em uma época que o custo é essencial para se manter no mercado da construção civil.

A eficácia em atingir os objetivos e metas na construção civil atualmente, muitas vezes não se preocupa em planejar ou estudar como sanar e recuperar as fissuras. No entanto, levar em conta fatos já previstos pelo projetista é fundamental para uma correta manutenção da fachada a fim de diminuir a degradação da mesma. Em sua grande maioria, as reabilitações são eficazes, devido ao melhoramento das estratégias de renovação dos edifícios.

Por fim, o quão rápido e eficiente for o reparo será importante para diminuir a degradação da fachada e mais econômico para o condomínio do edifício executar a reabilitação.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Revestimento de paredes e tetos com argamassas, materiais, preparo, aplicação e manutenção – Procedimento.** NBR 7200/ 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto.** NBR 6118/ 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cargas para o calculo de estruturas de edificações.** NBR 6120/ 1980.

IBRATIN TINTAS E REVESTIMENTOS. **Manual técnico.** Disponível em: <[http://issuu.com/ibratin/docs/manual\\_tecnico](http://issuu.com/ibratin/docs/manual_tecnico)>. Acesso em: 30 set. 2017.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifícios. Causas, Prevenções e Recuperações.** São Paulo: Editora Pini, 2007.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das Edificações.** Porto Alegre: Editora Sagra, 1991.

WEBER. **Tratamento de fissuras em fachadas.** Disponível em: <<http://www.weber.com.br/revestimento-e-renovacao-de-fachadas/o-guia-weber/problemas-solucao/renovacao/tratamento-de-fissuras-em-fachadas.html>>. Acesso em: 22 jul. 2017.

# UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS E SEMI-DESTRUTIVOS NA AVALIAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO EM EDIFÍCIOS

## THE USE OF NON-DESTRUCTIVE AND SEMI- DESTRUCTIVE METHODS IN THE EVALUATION OF ARMED CONCRET STRUCTURES IN BUILDINGS

Rayssa Gomes Rodrigues<sup>1</sup>  
Neusa Maria Bezerra Mota

### RESUMO

Um dos avanços tecnológicos mais importantes na engenharia são atribuídos aos ensaios não destrutivos. Eles investigam a estabilidade dos materiais sem destruí-los ou alterar suas características. Os ensaios não destrutivos e semi-destrutivos fornecem rapidez na execução, disponibilidade imediata dos resultados, é importante para prevenção da estrutura, análise e durabilidade do concreto. Esses ensaios identificam futuras manifestações patológicas e proporcionam redução de custo de manutenção e evitam a geração de resíduos para o meio ambiente. Neste trabalho apresenta-se um estudo de caso com objetivo de prever a resistência do concreto a partir de resultados da dureza superficial do concreto, por meio de ensaio esclerométrico e em comparação com os ensaios de resistência à compressão axial em testemunhos da estrutura de concreto. Os resultados de resistência obtidos pelos ensaios de esclerometria e resistência a compressão tiveram grande variabilidade,

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Projeto Execução e Manutenção de Edificações sob orientação da Prof. Dr. / MSc. Neusa Maria Bezerra Mota.

principalmente no ensaio número 6, pois teve uma variação de 35,7% no ensaio de corpo de prova e 44,4% no ensaio de esclerometria, essa variação pode ter sido ocasionada pelo fato de uma possível carbonatação no concreto ou elevado teor de agregados graúdos na área ensaiada.

**Palavras-chave:** Resistência a Compressão. Ensaio não destrutivo. Estrutura de Concreto Armado.

## ABSTRACT

One of the most important technological advances in engineering is attributed to nondestructive testing. They investigate the stability of materials without destroying them or changing their characteristics. Non-destructive and semi-destructive tests provide fast execution, immediate availability of results, and it is important for the prevention of concrete structure, its review and durability. These tests identify future pathological manifestations and provide a reduction in maintenance costs and avoid generation of waste into the environment. This work is presented by a study of case and the objective is preserve the strength of the concrete from the results of the surface hardness of the concrete, by sclerometric test and in comparison with the tests of resistance to axial compression in concrete structure testimony. The resistance results obtained by the sclerometry and compressive strength tests had great variability, especially in the number 6 test, since it had a variation of 35.7% in the test body test and 44.4% in the sclerometry test, this variation May have been caused by the possible carbonation in the concrete or high content of large aggregates in the area tested.

**Key words:** Compression resistance. Non-destructive testing. Structure of Reinforced Concrete.

## 1 INTRODUÇÃO

Mehta e Monteiro (2008) descrevem que “ensaios não destrutivos podem ser ‘utilizados para localizar fissuras, falhas, imperfeições e danos em meios heterogêneos como o concreto. Estes ensaios não destrutivos também servem para detectar áreas insalubres ou de concreto suspeitos de estar significativamente abaixo do nível de resistência exigida pelo projeto, ou o nível de durabilidade. O ensaio de esclerometria, juntamente com outros ensaios, como a resistência à penetração, ensaios de arrancamento e método de velocidade de pulso estão entre os métodos de ensaios não destrutivos disponíveis padronizados nas normas ASTM, CEB-FIP, BS 1881” (EVANGELISTA, 2002).

Devido ao fato de Brasília ter mais de 50 anos, existe uma preocupação em relação as estruturas de concreto armado, muitas vezes aparente, das edificações,

sendo necessário estudos sobre a deterioração ao longo da vida útil e durabilidade das referidas estruturas.

Este estudo de caso teve como objetivo prever a resistência do concreto a partir dos resultados da dureza superficial do concreto, por meio de ensaio esclerométrico e em comparação com os ensaios de resistência à compressão axial em testemunhos da estrutura de concreto.

A utilização de métodos não destrutivos e semi-destrutivos na análise de deterioração de estruturas é de suma importância na otimização de recursos e tempo, com poucas perturbações as estruturas, mantendo-as mais intactas possíveis. A metodologia proposta irá auxiliar na identificação das manifestações patológicas, qualidade do concreto armado e sua deterioração ao longo da vida útil, dentre outros quesitos necessários ao diagnóstico e prognóstico dos edifícios. O uso dos métodos propostos nesta pesquisa traz ganho para o meio ambiente, pois com base nos resultados destes ensaios é possível definir a integridade de uma estrutura, e detectar, em fase inicial, as possíveis manifestações patológicas que possam surgir, para que seja possível a intervenção preventiva, de modo a obter uma redução nos custos de manutenção e resíduos para o meio ambiente. Pode-se observar que os países desenvolvidos têm um olhar peculiar para revitalização de estruturas.

Neste estudo são apresentados os resultados da dureza superficial do concreto, para estimativa da resistência, por meio de ensaio esclerométrico e dos ensaios de resistência à compressão axial em testemunhos da estrutura de concreto, extraídos de vigas, de um edifício comercial situado no Setor Terminal Norte – 716 Conjunto C – Brasília/DF. Os ensaios foram realizados nos dias 13,14 e 20 de janeiro de 2016 e seguiram as recomendações das seguintes normas: ABNT NBR 7584/95, NBR 7680-1/15 e NBR 5739/07.

## **2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.1 Ensaio de esclerometria**

O esclerômetro é um aparelho que permite obter “*in loco*”, de uma forma simples e não destrutiva, a dureza superficial do concreto para se chegar à estimativa da resistência à compressão de elementos de concreto.



O ensaio de esclerometria consiste fundamentalmente em uma massa rígida (martelo de Schmidt) que após ser impulsionada por uma mola se choca contra uma superfície através de uma haste com ponta em forma esférica. A energia deste impacto é, em parte, absorvida na deformação permanente da superfície e, em parte, conservada elasticamente proporcionando uma força de reação contrária ao golpe aplicado e é através desta força de repulsão e retorno do martelo que se avalia o índice esclerométrico. Concluindo-se que, quanto maior a rigidez do concreto menos ele se deforma e maior a energia de reação gerando um maior índice esclerométrico.

Por se tratar de um ensaio de resistência superficial, os resultados obtidos são apenas representativos para uma camada de até 5 cm de profundidade. No entanto, o ensaio é útil para estimar a homogeneidade do concreto, estimar a resistência e verificar sobre a necessidade de realizar novos ensaios mais precisos. A tensão de ruptura à compressão, referentes a corpos de prova cilíndricos é estimada com base na correlação com o índice esclerométrico (ABNT NBR 7584/95).

Este ensaio não substitui a determinação da tensão de ruptura à compressão através de corpos de prova cilíndricos em laboratório, apenas pode dar uma estimativa de maior ou menor necessidade de ensaios.

Segundo Lorenzi (2009), o emprego de ensaios não destrutivos está associado à construção civil, as seguintes situações: no controle tecnológico em pré-moldados ou construções, na aceitação ou rejeição de materiais fornecidos, na localização e determinação da extensão de fissuras, vazios e falhas de concretagem e na avaliação da durabilidade do concreto.

Os ensaios semi-destrutivos são aqueles onde se retiram pequenos pedaços da estrutura sem causar-lhe danos importantes, que possam levar à diminuição da capacidade portante. Neste caso, os prejuízos são apenas estéticos. Alguns destes ensaios envolvem custo consideravelmente elevado, além do fato de que ensaios como extração de testemunhos, por exemplo, nem sempre são possíveis devido à insuficiência de seção dos elementos estruturais em questão ou do avançado grau de deterioração da estrutura (ANDRADE, 2012).

## 2.2 Ensaio de compressão axial de corpo de prova cilíndrico

O ensaio à compressão axial simples é realizado para obter a resistência do concreto a compressão. Neste ensaio, a amostra (corpo-de-prova) é “capeada” e colocada em uma prensa. Nela, recebe uma carga gradual até atingir sua resistência máxima. Este valor é dividido pela área do topo da amostra para a obtenção da sua resistência à compressão.

A máquina para a realização do ensaio deve atender aos valores máximos admissíveis determinados pela (ABNT NBR NM ISO 7500-1).

A estrutura de aplicação de força deve ter capacidade compatível com os ensaios a serem realizados, permitindo a aplicação controlada da força sobre o corpo-de-prova colocado entre os pratos de compressão. O prato que se desloca deve ter movimento na direção vertical, coaxial (perpendicular) ao prato fixo.

O corpo-de-prova cilíndrico deve ser posicionado de modo que, quando estiver centrado, seu eixo coincida com o da máquina, fazendo com que a resultante das forças passe pelo centro.

A máquina deve permitir o ajuste da distância entre os pratos de compressão antes do ensaio com deslocamentos que superem a altura do corpo-de-prova em no mínimo 15 mm. O ajuste pode ser feito através de um mecanismo da máquina, independentemente do sistema de aplicação da força (Silva e Barbosa 2016).

A máquina deve ser equipada com dois pratos de aço, cujas superfícies de contato com o corpo-de-prova tenham sua menor dimensão 4% superior ao maior diâmetro do corpo-de-prova que deve ser ensaiado (NBR 5739/2007).

As superfícies de contato dos pratos de compressão devem apresentar desvio máximo de planicidade de 0,05 mm para cada 150 mm de diâmetro dos pratos. Para pratos com diâmetro menor, o desvio máximo de planicidade deve ser de 0,05 mm.

A calibração da máquina de ensaio deve ser feita conforme prescrito na (ABNT NBR NM ISO 7500-1), sob condições normais, em intervalos não maiores que 12 meses.

Entretanto, recomenda-se que seja executada uma calibração extraordinária sempre que se suspeitar de erro, ou quando for realizada qualquer operação de manutenção, ou quando a máquina for deslocada.

Os corpos-de-prova devem ser ensaiados nas mesmas condições de sazonalidade em que encontravam na câmara úmida. Assim sendo, recomenda-se que o ensaio seja realizado, tanto que possível, imediatamente após a remoção do corpo-de-prova do seu local de cura.

A resistência à compressão deve ser obtida, dividindo a carga de ruptura pela área da seção transversal do corpo-de-prova, devendo o resultado ser expresso com aproximação de 0,1MPa.

### 2.2.1 Extração de corpo de prova

A extração de testemunhos de estrutura se aplica às situações:

- Para aceitação definitiva do concreto, em casos de não conformidade da resistência à compressão do concreto com os critérios da NBR 12655 (ABNT,2015).
- Para avaliação da segurança estrutural de obras em andamento, nos casos de não conformidade da resistência à compressão do concreto com os critérios da NBR 12655 (ABNT,2015).
- Para verificar a segurança estrutural em obras existentes, tendo em vista a execução de obras de *retrofit*, reforma, mudança de uso, incêndio, acidentes, colapsos parciais e outras situações em que a resistência à compressão do concreto deva ser conhecida.

O equipamento utilizado para realizar a extração de testemunhos deve permitir a obtenção de amostras homogêneas e íntegras do concreto da estrutura.

O diâmetro de um testemunho cilíndrico utilizado para determinar a resistência à compressão deve ser pelo menos três vezes a dimensão máxima característica do agregado graúdo contido no concreto e preferencialmente maior ou igual a 100 mm. No caso de elementos estruturais cuja concentração de armaduras

torne inviável a extração de testemunho de diâmetro igual ou superior a 100 mm, sem danificar a armadura, permite-se a extração de testemunho com diâmetro igual a 75 mm.

A relação altura/diâmetro dos testemunhos cilíndricos deve ser o mais próximo possível de dois, após preparo, obedecendo sempre a seguinte condição (NBR 7680/2015):

$$1 \leq h/d \leq 2$$

Onde:

h: altura do testemunho d: diâmetro do testemunho

Em casos específicos, podem ser utilizados testemunhos de diâmetro menor que 75 mm e igual ou maior que 50 mm, desde que acordado entre as partes envolvidas.

Na data da extração, o concreto deve ter resistência que permita a retirada do testemunho mantendo sua integridade.

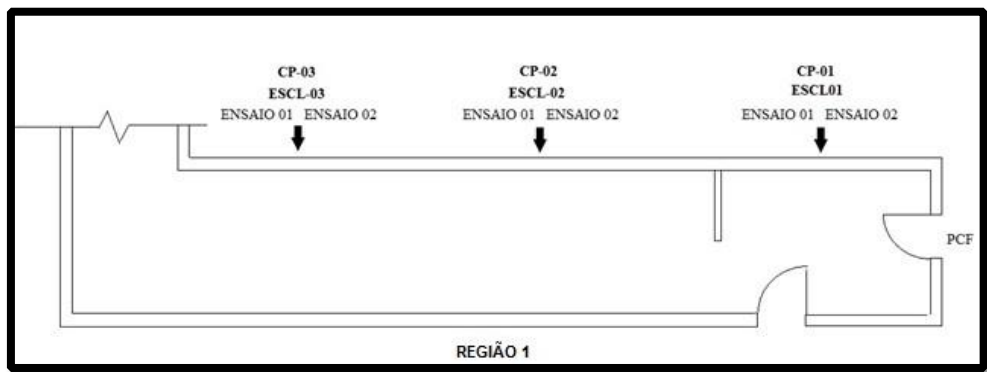
A operação de extração deve ser realizada considerando as recomendações gerais de uso da aparelhagem previstas pelo fabricante do equipamento de extração.

### 3 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DAS ÁREAS ENSAIADAS

Os ensaios de esclerometria e de extração de corpo de prova para a determinação da resistência à compressão do concreto foram realizados no mesmo local, procedendo-se primeiro ao ensaio de esclerometria para posteriormente realizar a extração do testemunho.

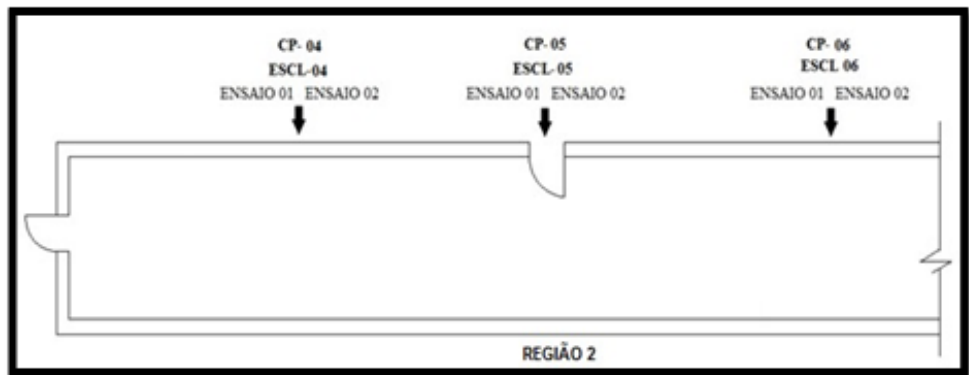
Os ensaios foram realizados em 6 (seis) diferentes áreas, sendo 3 (três) delas realizadas na REGIÃO 1 que se encontra na figura 1 em uma viga e as outras 3 (três) áreas localizadas na REGIÃO 2 que se encontra na figura 2 também em uma viga. Destaca-se que as peças foram ensaiadas com o esclerômetro na posição horizontal, ou seja, com angulação de 0°. Os resultados da esclerometria na REGIÃO I encontram-se na Tabela 1.

Figura 1 – Localização em planta dos ensaios realizados



Fonte – Neusa Mota

Figura 2 – Localização em planta dos ensaios realizado



Fonte – Neusa Mota

A seguir apresentam-se as figuras 3 a 7 dos ensaios realizados:

Essa figura mostra o ensaio de esclerometria, e pode-se ver que em cada área escolhida para a realização do ensaio, foram realizadas duas malhas de 20 cm x 20 cm, com 16 pontos cada.

**Figura 3 – Esclerometria**



Fonte – Neusa Mota

No ensaio à compressão simples do concreto foi extraído um testemunho, em cada área delimitada para o ensaio como mostra se mostra na figura 4 e 5.

**Figura 4 – Extração do corpo-de-prova**



Fonte – Neusa Mota

**Figura – 5** Extração do testemunho



Fonte – Neusa Mota

Na figura 6 abaixo está a representação do ensaio de resistência a compressão simples, o qual é necessário retirar o corpo de prova mostrado na figura anterior para que seja feita à amostra e após 20 dias que à amostra está pronta é realizado o ensaio.

**Figura 6 –** Ensaio de resistência à compressão simples



Fonte – Neusa Mota

À figura abaixo mostra os testemunhos rompidos após realização do ensaio.

**Figura 7 – Testemunhos rompidos**



Fonte – Neusa Mota

## **4 PROCEDIMENTOS DOS ENSAIOS REALIZADOS**

### **4.1 Esclerometria**

A superfície a ser ensaiada atendeu a alguns requisitos para que o ensaio fosse realizado com eficiência, estes são:

- As superfícies estavam na vertical (elementos vigas);
- Deu-se preferência as superfícies moldadas com formas lisas, pois fornecem melhores resultados finais;
- As superfícies estavam secas, limpas e planas;
- Concreto ensaiado possui idade superior a 20 (vinte) dias;

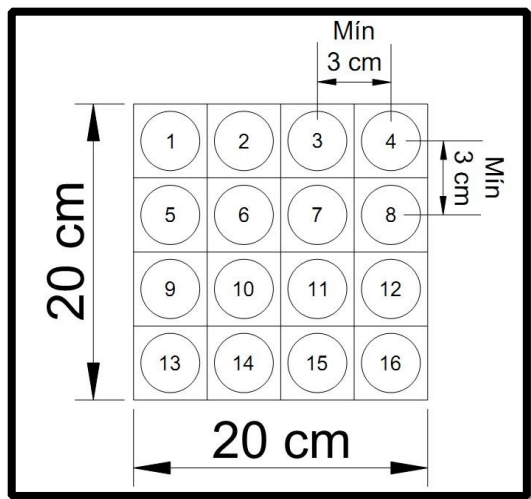
As superfícies ensaiadas foram lixadas com pedra de carborundum a fim de retirar a camada de impurezas, umidade atmosférica e possíveis imperfeições na superfície do concreto. A pedra foi pressionada contra a superfície do concreto em movimentos circulares até se obter uma superfície homogênea e suficientemente plana para a execução do ensaio. As áreas ensaiadas estavam afastadas das regiões afetadas por manifestações patológicas no concreto, concentração excessiva de armadura, juntas de concretagem, arestas, etc. Foram evitadas as bases e topos de pilares, regiões no meio do vão de vigas e regiões próximas aos apoios dos elementos estruturais.



A definição da área ensaiada foi realizada considerando um quadrado de 20 cm x 20 cm, desenhado com giz de cera para melhor direcionamento do ensaio, conforme Figura 8.

A execução do ensaio compreendeu um total de 16 pontos ensaiados dentro da área do quadrado de 20 cm x 20 cm, conforme mostra a figura 8 a seguir, para garantir o espaçamento mínimo de 3 cm entre cada ponto e devendo ser evitados golpes sobre agregados, armaduras, bolhas e qualquer outro fator que interfira no resultado. Não foi permitida a ocorrência de mais de um golpe sobre o mesmo local.

Figura 8 – Área Ensaída – Esclerometria



Fonte – Acervo do autor

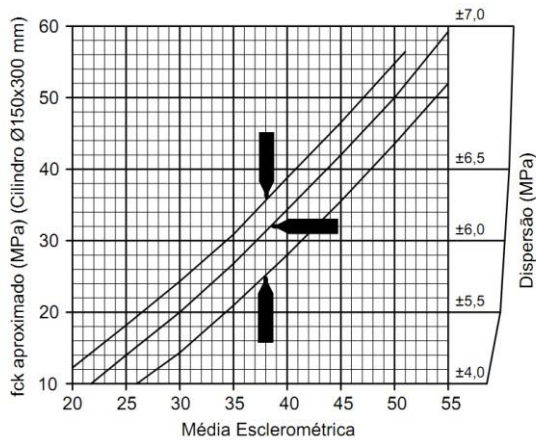
A utilização do martelo se deu de forma simples, ele foi pressionado com a ponta ortogonal à superfície de forma a comprimir totalmente a mola interna ao aparelho, consequentemente esta mola se soltou após certa pressão e realizou um golpe na superfície do elemento que estava sendo ensaiado. A leitura foi realizada no próprio medidor do martelo e anotada na caderneta de campo junto com tipo, o nome ou número do elemento que está sendo ensaiado e a posição do martelo.

a) Análise

Primeiramente procedeu-se a média aritmética dos 16 (dezesseis) índices esclerométricos, desprezando-se todo índice que estava afastado em mais de 10% do valor médio obtido e calculado novamente a média aritmética com os índices que sobraram continuando este processo de exclusão de valores com mais de 10% de variação para mais ou menos o valor da média.

O índice esclerométrico médio calculado foi utilizado para estimar a dureza superficial do concreto, para isto obteve-se o valor no gráfico 1 a seguir de acordo com a posição de ensaio em campo.

Gráfico 1 – Correlação - Esclerometria



Fonte – Acervo do autor

A definição da resistência aproximada do concreto foi obtida pelas equações (Eq 01, Eq 02 e Eq 03) apresentadas abaixo levando em consideração a variação de ± 4,0 para resultados entre 10 MPa e 20 MPa, ± 5,5 para resultados entre 20 MPa e 30 MPa, ± 6,0 Para resultados entre 30 MPa e 40 MPa, ± 6,5 para resultados entre 40 Mpa e 60 MPa e ± 7,0 para resultados maiores que 60 MPa.

- Para posição vertical apontado para baixo:

Equação 01  $fck = 0,009.méd^2 + 0,7799.méd - 6,8107$  (Eq.01)

- Para posição horizontal:

**Equação 02**  $f_{ck} = 0,0095.méd^2 + 0,7324.méd - 10,371$   
(Eq.02)

- Para posição vertical apontado para cima:

**Equação 03**  $f_{ck} = 0,0091.méd^2 + 0,7438.méd - 16,274$   
(Eq.03)

## 4.2 Ensaios à compressão simples do concreto

### 4.2.1 Extração de testemunhos

Foram obedecidas as seguintes condições para a extração de testemunhos na estrutura:

- A posição e quantidade das extrações de testemunhos em vigas seguiram as determinações do consultor da obra;
- Os testemunhos foram extraídos a uma distância maior ou igual ao seu diâmetro com relação às bordas do elemento estrutural ou as juntas de concretagem;
- As distâncias mínimas entre as bordas das perfurações não foram inferior a um diâmetro do testemunho;
- No geral não foram cortadas armaduras.

A retirada do testemunho, após o corte, foi realizada de forma a garantir um esforço ortogonal ao eixo do testemunho, em seu topo, rompendo o concreto em sua base.

Antes de caracterizar os testemunhos ensaiados, estes foram cortados, utilizando serra diamantada dotada de refrigeração à água (retifica) para:

- a) Correção da relação altura/diâmetro;
- b) Retirada de materiais, como manta de impermeabilização, etc;

- c) Obtenção de paralelismo entre os topos e sua ortogonalidade com as geratrizes.

A determinação da massa dos testemunhos foi realizada da seguinte forma:

- a) Quando os topos dos testemunhos foram regularizados por retífica, a determinação de sua massa feita realizada após o corte do testemunho e a retífica dos topos;
- b) Quando os topos dos testemunhos forem regularizados por capeamento, a determinação da massa foi feita após o corte dos testemunhos e antes do capeamento.

O diâmetro utilizado para o cálculo da área da seção transversal é a média de duas medidas ortogonalmente opostas, realizadas na metade da altura do testemunho, com exatidão de 0,1 mm. O comprimento do testemunho é a média de três determinações, realizadas com exatidão de 0,1 mm, em geratrizes aproximadamente equidistantes entre si. Essas medidas foram tomadas após a retífica dos topos. O volume dos testemunhos deve ser calculado a partir das medidas médias do diâmetro e da altura ABNT (NBR 76801;2015).

#### *4.2.2 Rompimento dos testemunho*

A seguir descreve-se as etapas referente ao ensaio:

- Determinou-se o diâmetro utilizado para o cálculo da área da seção transversal com exatidão de  $\pm 0,1$  mm, pela média de dois diâmetros, medidos ortogonalmente na metade da altura do corpo-de-prova.
- Determinou-se a altura do corpo-de-prova que foi medida sobre seu eixo longitudinal, com precisão de 0,1 mm, incluindo o capeamento.
- Centralizou-se o corpo de prova no prato inferior, com o auxílio de círculos concêntricos de referência.
- Aplicou-se a força escolhida para o ensaio. O carregamento foi interrompido quando houve queda de força que indicasse sua ruptura.

- Observou-se o tipo de ruptura do corpo-de-prova, e calculou-se a resistência à compressão do concreto.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Esclerometria

Os resultados estão apresentados em ordem numérica crescente referente ao número da área delimitada para o ensaio, sua localização está apresentada nas tabelas 1 e 2.

**Tabela 1** – Resultados da Esclerometria na REGIÃO 1

LEITURA	ELEMENTOS					
	ESCL 01		ESCL 02		ESCL 03	
	ENSAIO 01	ENSAIO 02	ENSAIO 01	ENSAIO 02	ENSAIO 01	ENSAIO 02
1	44	44	52	44	48	50
2	50	44	38	44	48	51
3	48	46	42	46	48	48
4	40	48	44	46	54	46
5	44	48	44	52	48	48
6	44	46	50	42	48	48
7	42	36	44	44	54	45
8	44	42	42	50	50	51
9	46	48	44	40	56	54
10	50	50	40	42	48	54
11	50	42	44	40	48	49
12	42	46	40	44	56	54
13	48	42	44	40	48	52
14	46	46	36	44	48	48
15	48	40	44	44	47	50
16	48	40	42	44	53	44
MÉDIA	45,9	44,3	43,1	44,1	50,1	49,5
IE	46,3	44,4	42,8	43,1	49,3	49,9
Fck (MPa)	43,9 ± 6,5	40,9 ± 6,5	38,4 ± 6,0	38,9 ± 6,0	48,8 ± 6,5	49,8 ± 6,5

**Observações:**

- O método esclerométrico não deve ser considerado substituto de outros métodos, mas um método adicional ou um ensaio complementar;

- Superfícies úmidas podem provocar subestimativa da qualidade do concreto;
- Os valores obtidos estão sujeitos a variações decorrentes da carbonatação do concreto, fenômeno que atinge a estrutura gradativamente com o tempo, superestimando sua resistência superficial;
- O concreto analisado apresenta elevado teor de agregados graúdos, posicionando valores de resistência superiores, o que pode produzir uma média elevada para a resistência real do concreto.

Fonte – Acervo do autor

Os valores obtidos nas tabelas acima tiveram variações decorrentes a possíveis carbonatação do concreto, um fenômeno que atinge a estrutura. A variação dos resultados dos ensaios também pode ter sido ocasionada pelo fato de algumas partes da estrutura que foram ensaiadas conter elevado teor de agregados graúdos, o que pode produzir uma média elevada para a resistência do concreto.

### 5.2 Resistência a compressão simples do concreto

Os resultados de resistência à compressão dos corpos-de-prova estão apresentados na Tabela 3.

A seguir, apresentam-se os resultados da resistência à compressão dos testemunhos de concreto, extraídos de vigas, Tabela 2. As numerações dos testemunhos correspondem a mesma numeração do ensaio esclerométrico.

Tabela 3 – Resultados de resistência à compressão do concreto

CORPO DE PROVA	ELEMENTOS				
	RESISTÊNCIA (MPa)	FORÇA (kN)	COMPRIMENTO (cm)	DIÂMETRO (cm)	MASSA (g)
CP-01	36,9	289,60	19,7	10	3711,7
CP-02	41,5	325,80	19,5	10	3675,8
CP-03	38,7	303,80	19,6	10	3592,2
CP-04	24,1	189,15	19,5	10	3574,9
CP-05	44,8	352,00	19,3	10	3589,7
CP-06	35,7	280,00	19,9	10	3674,6

Fonte – Acervo do autor

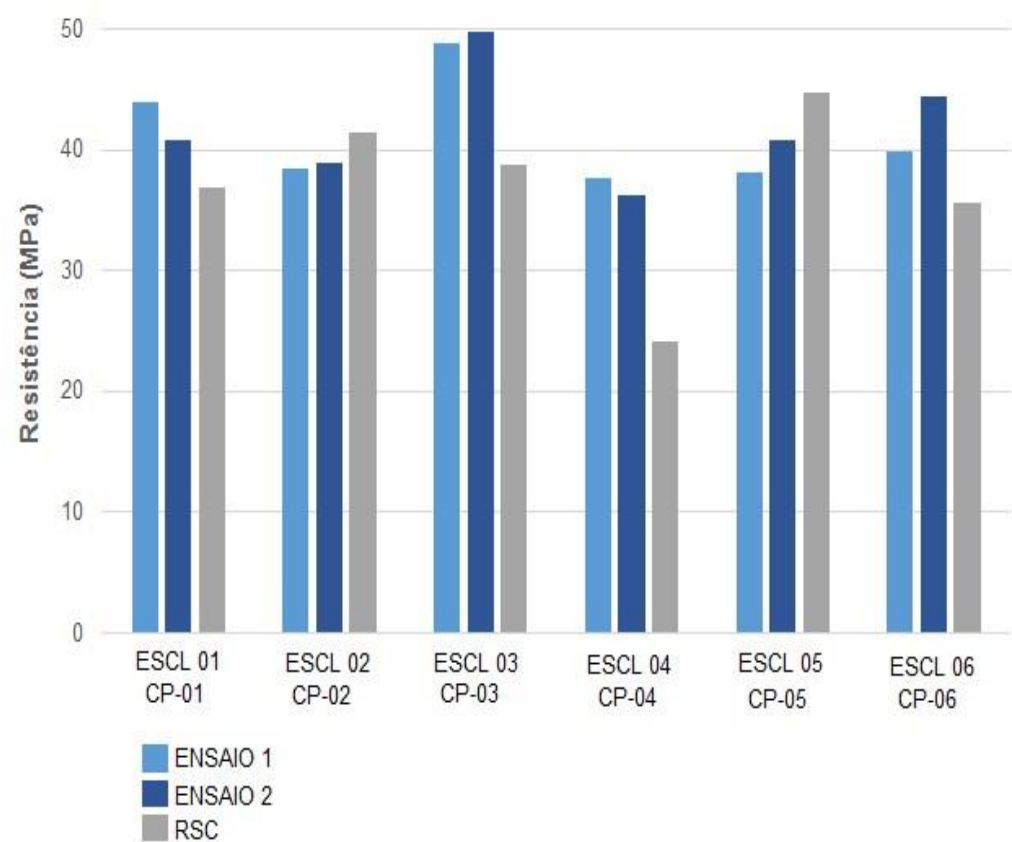
Obteve-se a resistência através do cálculo demonstrado a seguir:

$$A = \pi d^2 / 4$$

Resistência= F/A

A seguir apresenta-se o Gráfico 2 com os resultados de resistência obtidos pelos ensaios de esclerometria e de resistência a compressão.

**Gráfico 2** – Resultados de resistência obtido pelos ensaios realizados



Fonte – Acervo do autor

O gráfico acima nos mostra os resultados dos ensaios realizados, de forma geral os ensaios foram satisfatórios, considerando a finalidade do estudo proposto. Os resultados obtidos devem ser analisados pelo projetista estrutural, responsável pelo empreendimento, ficando ao seu critério a definição da resistência do concreto dos elementos estruturais ensaiados (vigas).

## 6 CONCLUSÃO

No estudo de caso utilizou-se o ensaio esclerométrico e os ensaios de resistência à compressão axial em testemunhos da estrutura de vigas de concreto, obtendo-se os resultados da dureza superficial do concreto, para estimativa da resistência atual e situação da edificação, conforme observado a seguir:

O concreto analisado apresenta elevado teor de agregados graúdos, posicionando valores de resistência superiores, o que pode produzir uma média elevada para a resistência real do concreto;

Os resultados de resistência obtidos pelos ensaios de esclerometria e de resistência a compressão tiveram grande variabilidade quando comparados com os resultados obtidos a partir de corpos de prova, sendo a diferença percentual dos resultados dos dois ensaios da esclerometria, em relação a resistência a compressão, média de 29,5% e 27,9%, para o CP-3 e para o CP-4.

De maneira geral observou-se que o método esclerométrico não deve ser considerado substituto de outros métodos, mas um método adicional ou um ensaio complementar.

Conclui-se que os ensaios não destrutivos podem ser utilizados na avaliação da resistência a compressão, sempre que seja elaborada uma curva de correlação com os materiais utilizados, principalmente nos concretos de menores resistências que apresentam maior variabilidade em seus resultados.

Por fim, vale destacar que, os problemas patológicos encontrados foram classificados em três tipos: os que afetam as condições estruturais, os que afetam as condições funcionais e os que afetam as condições de durabilidade. A partir daí, torna-se necessário a adoção de medidas que contemplem: vistorias periódicas, planejamento para os serviços de manutenção e recuperação.



## REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 5739:2007 - **Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, Brasil, 2007. 9 p.

ABNT. NBR ISO 7500-1-2004- **Materiais-Metálicos-Calibração-de-Maquinas-de-Ensaio**. Rio de Janeiro, Brasil, 2004. 17 p.

ABNT. NBR 7584:1995 - **Concreto endurecido –Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, Brasil, 2012. 10 p.

ABNT. NBR 7680-1/15 – **Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estrutura de concreto**. Rio de Janeiro, Brasil, 2015. 24 p.

ABNT. NBR 12655/15 – **Concreto – Preparo, controle e recebimento**. Rio de Janeiro, Brasil, 2015. 7 p.

ANDRADE, M. D. C. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. São Paulo: Pini, 2012. 104p.

EVANGELISTA, A. C. J. **Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos**. 2002. 239p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal, Rio de Janeiro. 2002.

LORENZI, **Aplicação de redes neurais artificiais para estimativa da resistência a compressão do concreto a partir da velocidade de propagação de pulso ultrassônico**. 2009. Disponível em:  
<<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp138846.pdf>>

MEHTA, P.K; MONTEIRO, P.J.M, **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 3.ed. São Paulo, IBRACON, 2008. 674p.

SILVA, BARBOSA, IX Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.abpe.org.br/trabalhos2016/120.pdf>>