



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA EDIFICAÇÃO EM FASE
DE EXECUÇÃO NO DISTRITO FEDERAL**

ANDRÉ GUSTAVO DE ARRUDA VIEIRA

2106203/7

Brasília

2017

ANDRÉ GUSTAVO DE ARRUDA VIEIRA

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA EDIFICAÇÃO EM FASE
DE EXECUÇÃO NO DISTRITO FEDERAL**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado como um dos requisitos para
graduação no curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário de Brasília (UniCEUB)

Orientador: Msc. Jocinez Nogueira Lima

Brasília

2017

ANDRÉ GUSTAVO DE ARRUDA VIEIRA

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA EDIFICAÇÃO EM FASE
DE EXECUÇÃO NO DISTRITO FEDERAL**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado como um dos requisitos para
graduação no curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário de Brasília (UniCEUB)

Orientador: Msc. Jocinez Nogueira Lima

Brasília, 11 de julho de 2017

BANCA EXAMINADORA

Msc. Jocinez Nogueira Lima

Orientador

Msc. Jairo Furtado Nogueira

Examinador Interno

Eng. Marcus Vinicius Pereira Bastos

Examinador Externo

RESUMO

O trabalho do engenheiro civil é guiado por manuais e normas que garantem a excelência na execução de um empreendimento. Isso assegura a satisfação dos clientes e a boa reputação da empresa. Mas, por se tratar de seres humanos, todos estão sujeitos a falhas. E essas falhas, na maioria das vezes, podem ser contornadas com o conhecimento de um engenheiro diagnóstico, que tem o papel de buscar a causa das manifestações patológicas presentes em uma edificação. O presente trabalho buscou esse conhecimento para diagnosticar as anomalias encontradas em um prédio público em fase de execução, na cidade de Planaltina-DF, e elaborou um relatório sobre o fato. Após leitura dos dados e algumas visitas ao local, foi possível indagar que as manifestações patológicas surgiram de má execução da obra, criando esforços que a estrutura não estava preparada para suportar. Apesar disso, ela não sofre risco de colapso. Mas, antes de retomar seu cronograma normal de execução, é preciso impedir o aumento das flechas nos seus elementos estruturais.

Palavras chaves: Engenheiro Diagnóstico; Manifestação Patológica; Relatório.

ABSTRACT

The civil engineer's work is guided by manuals and norms that ensure excellence in execution of an enterprise. This ensures customer satisfaction and the good reputation of the company. But, as human beings, all are subject to failure. These failures, in most cases, can be circumvented with the knowledge of a diagnostic engineer, who has the role to seek the cause of the pathological manifestations present in a building. The present study sought this knowledge to diagnose the anomalies found in a public building under construction, in the city of Planaltina-DF, and drew up a report on the fact. After reading the data and some site visits, it was possible to inquire that the pathological manifestations appeared to bad execution of the work, creating efforts that the structure was not designed for. Despite this, it does not suffer risk of collapse. But before resuming your normal schedule of execution, it is necessary to prevent the increase of the arrows in their structural elements.

Keywords: Diagnostic Engineer; Pathological Manifestation; Report.

FIGURAS

Figura 1 - Classificação das fissuras.....	18
Figura 2 - Localização da obra em estudo	25
Figura 3 - Croqui da fachada frontal do prédio.....	26
Figura 4 - Fachada frontal do prédio no momento da visita	26
Figura 5 - Planta de locação dos furos.....	28
Figura 6 - Detalhe do tubulão	29
Figura 7 - Detalhe da cortina de contenção	30
Figura 8 - Foto da cortina de contenção.....	30
Figura 9 - Projeto das lajes externas do subsolo	31
Figura 10 - Projeto das lajes internas do subsolo.....	32
Figura 11 - Foto da rachadura no pavimento térreo	33
Figura 12 - Foto da trinca no pavimento térreo	34
Figura 13 - Foto da trinca no pavimento térreo	34
Figura 14 - Foto do contrapiso executado.....	35
Figura 15 - Foto da trinca no pavimento superior.....	35
Figura 16 - Foto da fissura no pavimento superior	36
Figura 17 - Foto da fissura no pavimento superior	36
Figura 18 - Foto da fissura no pavimento superior	37
Figura 19 - Foto da brecha no pavimento superior.....	37
Figura 20 - Foto da brecha no pavimento superior.....	38
Figura 21 - Foto da peça em ruína no pavimento superior.....	38
Figura 22 - Foto da trinca no subsolo.....	39
Figura 23 - Foto da rachadura no subsolo	40

Figura 24 - Foto do contrapiso sendo retirado no pavimento térreo.....40

TABELAS

Tabela 1 - Nomenclatura das aberturas	17
Tabela 2 - Casos de manifestações patológicas	20
Tabela 3 - Estado limite de fissuração em concreto armado.....	22
Tabela 4 - Resultados dos ensaios de resistência	42

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Origem dos problemas patológicos 16

Gráfico 2 - Lei de Sitter 17

FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 - Engenharia diagnóstica.....	15
Fluxograma 2 - Metodologia utilizada.....	23

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	OBJETIVO GERAL	13
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	ENGENHARIA DIAGNÓSTICA.....	14
3.2	MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	15
4	METODOLOGIA	23
5	APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	25
5.1	HISTÓRICO DA OBRA	25
5.2	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA EDIFICAÇÃO	33
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	42
7	CONCLUSÃO	43
8	REFERENCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil cresceu muito nos últimos anos. No âmbito internacional, ele se desenvolveu e absorveu tecnologias para melhor produtividade, exigindo maior tempo de planejamento, e conseqüentemente, menor tempo de execução.

Mas, no Brasil, o crescimento do setor não veio acompanhado deste avanço. O número de obras executadas é bem maior que o número de profissionais qualificados. E a falta de qualificação forma uma mão-de-obra informal e mal instruída, que desconhece as condutas de execução. Segundo o eng. Carlos Alberto de Moraes Borges (citado por GOMIDE e col., 2009, p. 19): "A normalização sistematiza o conhecimento, protege o consumidor em termos de segurança e qualidade dos produtos, gera desenvolvimento técnico e permite a criação de um mercado com concorrência saudável". Os cuidados na prática das normas brasileiras de construção civil são cruciais para um bom desempenho da estrutura, evitando o surgimento de patologias.

O termo Patologia, de origem grega (páthos, doença, e lógos, estudo), é amplamente utilizado nas diversas áreas da ciência, com denominações do objeto de estudo que variam de acordo com o ramo de atividade. Na engenharia civil, a patologia se dedica ao estudo de anomalias ou problemas (possíveis doenças) do edifício e as alterações anatômicas e funcionais causadas no mesmo.

As investigações dessas anomalias construtivas e suas conseqüências são direcionadas para um ramo da engenharia não muito conhecido, chamado de Engenharia Diagnóstica. Ela é responsável, segundo Gomide (2013), pela caracterização, análise, atestamento, apuração da causa ou prescrição do reparo da patologia em estudo.

Os sintomas mais frequentes que se manifestam em estruturas são recalques e pequenas aberturas. Segundo a NBR 6122 (1996, p. 3), o recalque é um "[...] movimento vertical descendente de um elemento estrutural". Se o recalque acontecer na estrutura como um todo, de forma igual, não acarreta prejuízo a resistência da peça. No máximo, pode gerar dificuldades na sua utilização. O problema está no recalque diferencial. Quando, conforme a NBR 6122 (1996), há diferença do recalque de dois apoios, e gera um esforço que a estrutura não está preparada para suportar. A aparição de aberturas em estruturas, como explica a NBR 9575 (2010), é "[...] ocasionada por deformações ou

deslocamentos do substrato, que pode ser classificada em estática ou dinâmica – cíclica, finita ou infinita - e cuja amplitude é variável”. Elas, frequentemente, são as patologias constatadas por clientes e executores.

O resultado da investigação desses problemas concebe um relatório técnico que pode ser útil para duas principais vertentes, segundo Gomide (2013). O estudo da qualidade técnica, para minimizar e evitar problemas construtivos, e a elaboração de uma prova pericial, para apurar o responsável pelos problemas.

A legislação brasileira passou a garantir os direitos desses consumidores lesados com algumas decisões judiciais. O artigo 618 do Código Civil diz que:

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. Parágrafo único. Decairá do direito assegurado neste artigo o dono da obra que não propuser a ação contra o empreiteiro, nos cento e oitenta dias seguintes ao aparecimento do vício ou defeito. (BRASIL, Lei 10.406, 2002, art. 618)

Ele assegura os clientes afetados de, pelo menos, reaver o valor gasto para reparar os problemas encontrados.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O trabalho em questão esteve como objetivo geral analisar as manifestações patológicas que surgiram, na fase de execução, em uma edificação de destinação pública em Planaltina-DF. O pedido da análise veio por parte dos executores da obra na atual situação.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Relatar o histórico da obra em questão;
- Fazer a vistoria no local da edificação;
- Avaliar os ensaios realizados;
- Tirar conclusões;
- Responder a questionamentos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ENGENHARIA DIAGNÓSTICA

Antes de explicar as normas vigentes na construção civil e descrever o caso em questão, é necessário explicar um pouco sobre a carreira dos profissionais responsáveis pela tarefa de relatar tecnicamente as patologias.

A engenharia diagnóstica, segundo Gomide e col. (2011, p. 12) “[...] é a arte de criar ações proativas por meio de diagnósticos, prognósticos e prescrições técnicas, visando à qualidade total da edificação”. Ela surgiu como uma evolução da inspeção predial e vem ganhando cada vez mais adeptos no mercado pela sua relação custo-benefício.

E, com a evolução da carreira, se desenvolveu um método de trabalho bem específico, dividindo ele em etapas. Essa segmentação ajuda no andamento do trabalho e facilita a compreensão do cliente que solicitou o serviço. Novamente, é feita a relação com a medicina, e Gomide e col. (2009) dividiu o campo de trabalho do engenheiro diagnóstico em três grandes áreas.

Uma delas é a sintomatologia, que é a constatação e análise das anomalias construtivas. Outra é a etiologia, que consiste na determinação das causas e consequências das falhas construtivas. Por último, está a área terapêutica, que expressa às atitudes de reparação da irregularidade construtiva. Em cada uma dessas áreas, estão práticas exercidas pelo profissional para alcançar a solução do problema. São elas:

- a) Vistoria: é a constatação técnica de determinado fato;
- b) Inspeção: é a análise técnica de determinado fato;
- c) Auditoria: é o atestamento, ou não, técnico de determinado fato;
- d) Perícia: é a determinação da causa de determinado fato;
- e) Consultoria: é a prescrição técnica a respeito de um fato.

O Fluxograma 01 apresenta as divisões feitas por Gomide e evidencia a prática de cada área.

Fluxograma 1 - Engenharia diagnóstica



Fonte: Adaptado de Gomide (2009)

O interesse das empresas nessa área mostra a busca por excelência na qualidade, que gera um aumento de valor agregado do produto final, uma redução dos custos de projeto e execução por reparação, além de trazer uma valorização da reputação da marca.

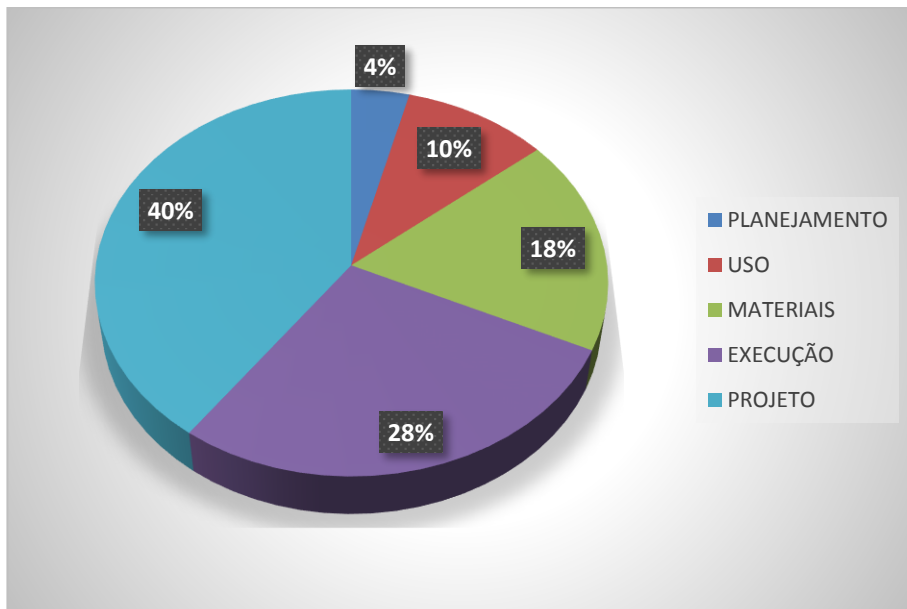
Todas as obras estão sujeitas a falhas, mas quanto mais rápido for identificado e solucionado o problema, menor será o valor gasto pela construtora.

3.2 MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA

O termo “manifestação patológica” é usualmente confundido com “patologia”, mas possuem significados distintos. De acordo com Benigne (2011, p. 2) “uma manifestação patológica é a expressão resultante de um mecanismo de degradação e a patologia é uma ciência formada por um conjunto de teorias que serve para explicar o mecanismo e a causa da ocorrência de determinada manifestação patológica”.

A maioria das anomalias, conforme o estudo de Helene & Figueiredo (2003), têm origem na etapa de projeto, onde fica somente a cargo do projetista resolvê-la. O gráfico 01 ilustra o estudo em questão, com a porcentagem da quantidade de ocorrências de erro em cada etapa da edificação.

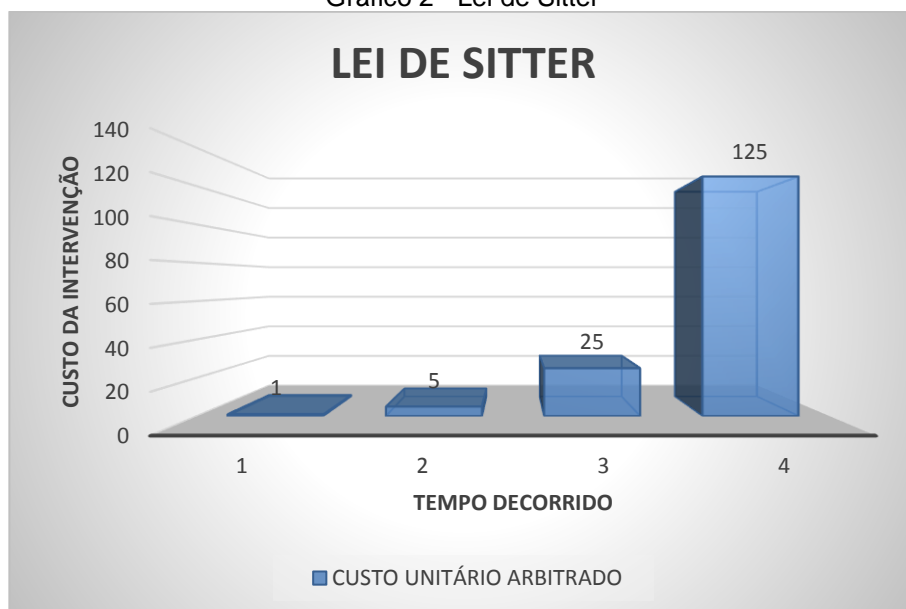
Gráfico 1 - Origem dos problemas patológicos



Fonte: Adaptado de Helene & Figueiredo (2003)

A falha só é externada e se torna visível de forma tardia, geralmente em forma de trinca e deformações, na fase de execução e uso da edificação, de acordo com Helene (1997). Nesse caso, a recuperação é feita com a estrutura já pronta e resulta num gasto maior pela necessidade de reforço ou reconstrução, e ainda pelo atraso no cronograma. Isso pode ser mensurado seguindo a linha de raciocínio de Sitter (1984), onde o custo de reabilitação da edificação cresce em uma progressão geométrica em relação ao tempo da obra. O gráfico 02 exemplifica as ideias de Sitter, onde dividi o cronograma da edificação em quatro etapas (projeto, execução, manutenção preventiva e manutenção corretiva) e em cada uma delas, o custo cresce em uma progressão de razão “5”.

Gráfico 2 - Lei de Sitter



Fonte: Adaptado de Sitter (1984)

As fissuras, manifestação patológica mais frequente em estruturas, são resultado da tensão do material e pode ter origem de situações ocorridas internamente ou externamente à estrutura. Segundo Corsini (2010), as ações externas podem ser movimentações térmicas, hidrosópicas, sobrecarga, deformações de elementos ou recalques diferenciais. Já nas ações internas, podem resultar da retração do cimento ou alteração química dos materiais. E ainda podem existir fissuras em estruturas por motivos de fenômenos naturais ou por procedimentos em obras vizinhas.

O termo “fissura” é o mais adequado para a maioria das aberturas. Os nomes podem variar de acordo com o seu tamanho. A tabela 01 mostra as nomenclaturas mais usadas de acordo com a medida da abertura.

Tabela 1 - Nomenclatura das aberturas

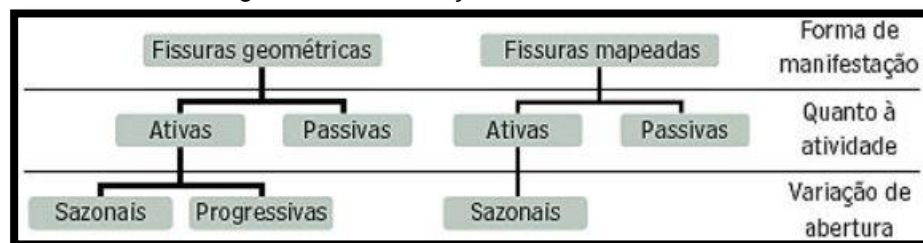
Anomalias	Aberturas (mm)
Fissura	Até 0,5
Trinca	De 0,5 A 1,5
Rachadura	De 1,5 A 5,0

Fenda	De 5,0 A 10,0
Brecha	Acima De 10,0

Fonte: Adaptado de Sahade (2010)

As aberturas podem variar também de acordo com a forma, sendo geométricas ou mapeadas, com a atividade, sendo ativa ou passiva, e com a variação da abertura, dependendo do caso. As aberturas ativas são aquelas que sofrem variação de abertura e fechamento, e se elas variarem em torno de um valor médio, são chamadas de sazonais e são consequência da variação de umidade e temperatura do local. Mas se a falha for crescente, são chamadas de progressivas e devem ser investigadas imediatamente, pois podem indicar problemas estruturais. A figura 01 mostra um diagrama com os tipos de fissuras, suas características e seus comportamentos.

Figura 1 - Classificação das fissuras



Fonte: Adaptado de Sahade (2010)

E além da classificação, o profissional técnico responsável pela inspeção deve ter certo cuidado na interpretação da causa. Algumas fissuras podem ter a mesma forma, mas originar de problemas patológicos diferentes.

Uma fissura de deformação de estrutura, por exemplo, pode ser parecida com uma de recalque de fundação. Uma de dilatação térmica pode ser igual a uma de retração de secagem. Por isso, é preciso ter um treinamento e certa experiência para, com uma inspeção visual, chegar à causa. (THOMAZ citado por CORSINI, 2010, p. 01).

Corsini (2010) enumera algumas causas de fissuração e relaciona com os estudos de Sahade sobre patologia, mostrando algumas evidências sobre sua possível origem.

- Recalque de fundação:
 - Assentamentos diferenciais de fundações diretas;
 - Variação do teor de umidade dos solos argilosos;
 - Heterogeneidade e compactação deficiente de aterros.

- Atuação de sobrecargas:
 - Concentração de cargas e tensões.

- Deformação das estruturas de concreto armado:
 - Pavimento inferior mais deformável que o superior;
 - Pavimento inferior menos deformável que o superior;
 - Pavimento inferior e superior com deformação idêntica;
 - Fissuração devida à deformação da região em balanço;
 - Fissuração devida à rotação do pavimento no apoio;
 - Fissuras de “bigode” nos vértices de aberturas;
 - Deformação instantânea ou lenta do concreto.

- Variação de temperatura:
 - Fissuração devida aos movimentos das coberturas;
 - Fissuração devida aos movimentos das estruturas reticuladas;
 - Fissuração devida aos movimentos da própria parede.

- Variação de umidade:
 - Movimentos reversíveis e irreversíveis;
 - Fissuração devido à variação do teor de umidade por causas externas;
 - Fissuração devido à variação natural do teor de umidade dos materiais;
 - Fissuração devida à retração das argamassas;
 - Fissuração devida a expansão irreversível dos produtos cerâmicos.

- Ataques químicos:
 - Hidratação retardada da cal;
 - Expansão das argamassas e concretos por ação dos sulfatos;

- Retração das argamassas por carbonatação.

➤ Outros casos de fissuração:

- Ações acidentais;
- Retração da argamassa e expansão irreversível de produtos cerâmicos;
- Choque térmico;
- Envelhecimento e degradação natural dos materiais e das estruturas.

O engenheiro Fernando Benigno da Silva foi mais além e desenvolveu um quadro de patologia, como pode ser visto na tabela 02. Ele cita alguns casos que ocorreram em edificações com manifestações patológicas e suas respectivas causas, origens e como elas se desenvolvem.

Tabela 2 - Casos de manifestações patológicas

CASO	MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	CAUSA	ORIGEM	MECANISMO
A	- FERRUGEM - DESPLACAMENTO DO COBRIMENTO - MANCHAS DE CORROSÃO	- FISSURAS DO CONCRETO - AGENTES AGRESSIVOS	- PROJETO - EXECUÇÃO - MATERIAIS - USO	- CORROSÃO DE ARMADURAS: REAÇÃO EXPANSIVA DO FERRO COM O O ₂ E O H ₂ O
B	- DEFORMAÇÃO EXCESSIVA	- SOBRECARGA	- PROJETO - EXECUÇÃO - MATERIAIS - USO	- DEFORMAÇÃO LENTA
C	- NINHOS DE CONCRETAGEM	- ELEVADA ALTURA DE LANÇAMENTO - EXCESSO DE ARMADURA - ADENSAMENTO INADEQUADO - TRABALHABILIDADE INADEQUADA	- PROJETO - EXECUÇÃO - MATERIAIS	- SEPARAÇÃO FÍSICA DOS CONSTITUINTES DO CONCRETO

D	- FISSURAS - TRINCAS	- SOBRECARGA - CARÊNCIA DE ARMADURA - PROBLEMA COM AS FUNDAÇÕES - RETRAÇÃO DO CONCRETO	- PROJETO - EXECUÇÃO - MATERIAIS	- DEFORMAÇÃO NÃO PREVISTA DA ESTRUTURA PROVOCANDO ABERTURA DE FISSURA NO CONCRETO OU NAS ALVENARIAS
E	- ESFARELAMENTO - DESPLACAMENTO DE PISOS	- EXCESSO DE ÁGUA DE AMASSAMENTO - FALTA DE CURA	- EXECUÇÃO - MATERIAIS	- EXSUDAÇÃO
F	- EFLORESCÊNCIA	- POROSIDADE EXCESSIVA - PRESENÇA DE ÁGUA EM ABUNDÂNCIA - CAL LIVRE PRESENTE NO CIMENTO	- EXECUÇÃO - MATERIAIS	- COMBINAÇÃO DA ÁGUA PRESENTE NO AMBIENTE COM A CAL LIVRE DO CIMENTO HIDRATADO E SUA POSTERIOR SAÍDA DO INTERIOR DO CONCRETO

Fonte: Artigo de Benigno (2011)

O pesquisador Ercio Thomaz segue seu raciocínio falando da importância subjetiva do tamanho das aberturas. Uma pequena fissura em uma peça de concreto estrutural pode ser bastante grave enquanto uma rachadura na alvenaria que não acompanha uma manifestação estrutural pode ser facilmente corrigida. Mas isso não caracteriza uma regra, deve-se analisar caso a caso.

Depende muito do elemento. Por exemplo: uma microfissura em concreto protendido pode ser sintoma de uma sobrecarga considerável. Uma fissura capilar, de 0,1 mm, no meio de uma viga, de concreto armado, não quer dizer nada. Mas se for próximo de um apoio, pode indicar efeito de uma força cortante e já pode ser um sintoma de sobrecarga considerável. (THOMAZ citado por CORSINI, 2010, p. 01)

Corsini (2010) cita ainda que a NBR 6118 (2013) permite um nível de fissuração aceitável e previsto em projeto, variando de acordo com o tipo da peça e o nível de agressividade do ambiente.

A fissuração em elementos estruturais de concreto armado é inevitável, devido à grande variabilidade e a baixa resistência do concreto à tração; mesmo sob as ações de serviço (utilização), valores críticos de tensões de tração são atingidos. Visando obter bom desempenho relacionado à proteção das armaduras quanto à corrosão e a à aceitabilidade sensorial dos usuários, busca-se controlar a abertura dessas fissuras. (NBR 6118, 2003, p. 71)

A norma classifica o estado em que a peça alcança o limite de fissuração como estado limite de abertura das fissuras (ELS-W). Nesse estado, as aberturas se apresentam com o tamanho máximo permitido. Na tabela 03 é possível ver um resumo dos valores aceitáveis pela norma para cada classe de agressividade ambiental.

Tabela 3 - Estado limite de fissuração em concreto armado

Classe De Agressividade Ambiental	Exigência Relativa A Fissuração
CAA I	$\leq 0,4$ mm
CAA II e CAA III	$\leq 0,3$ mm
CAA IV	$\leq 0,2$ mm

Fonte: NBR 6118 (2013)

4 METODOLOGIA

Neste momento do trabalho, será apresentado um roteiro a ser seguido para a elaboração de um relatório de análise e descoberta das causas das manifestações patológicas presente na obra em execução.

Este roteiro foi traçado de acordo com autores, manuais e normas brasileiras, especializados na área de patologia e engenharia diagnóstica e tem como objetivo encontrar as causas das manifestações patológicas presentes na obra em execução. O esquema do roteiro utilizado pode ser visto no fluxograma 02.



Fonte: Acervo pessoal

1. Histórico da obra – Foram realizadas entrevistas com os funcionários responsáveis pela licitação, pela confecção dos projetos executivos e pela execução da obra. Além da leitura do relatório de sondagem, dos projetos executivos e dos documentos de entrega do concreto.
2. Vistoria do local – Foram realizadas visitas no local da obra em questão para coletar dados, levando um aparelho fotográfico para registro de imagens e

uma régua para medir o tamanho das aberturas. E acompanhar a colmatação das aberturas para monitoramento.

3. Inspeção dos dados coletados – Depois de coletar os dados, foi necessário analisá-los, verificando o sentido das flechas, a largura e o sentido das aberturas encontradas.
4. Avaliação dos ensaios realizados – Para apreciar as características dos materiais encontrados, foi feita uma avaliação visual. Além de monitorar as aberturas, verificando a presença ou ausência de movimentação.
5. Conclusão – Conclui o relatório em questão, apresentando as causas das manifestações patológicas através de normas, manuais e autores e respondendo a questionamentos de especialistas.

5 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

5.1 HISTÓRICO DA OBRA

A obra em questão se trata da construção de um prédio público com destinação comercial, em Planaltina-DF. A figura 02 mostra a visão por satélite do local do canteiro de obra, através do programa Google Earth.

Figura 2 - Localização da obra em estudo

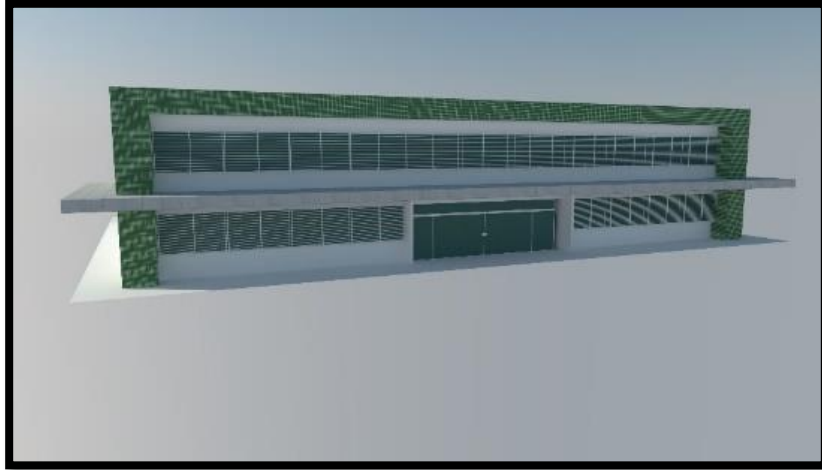


Fonte: Google Earth (2017)

Planaltina é uma região administrativa com grandes riquezas naturais e históricas. Surgiu em 1859 e possui hoje, aproximadamente, 200 mil habitantes. Uma cidade em expansão, com grande quantidade de canteiros de obra e lojas de materiais de construção, o que favorece a logística de execução de um empreendimento.

O prédio em questão possui três pavimentos (subsolo, térreo e superior), somando uma área construída de 3.162,83 m², com terreno de 6.363,00 m² e projeção de 1.389,99 m². As figuras 03 e 04 mostram, respectivamente, o croqui da fachada frontal, como vai ficar o prédio no momento da conclusão, e a foto de como estava a mesma no momento da visita. Ele foi executado basicamente de concreto armado e contempla um reservatório superior, um reservatório inferior, um sistema de elevador, garagem no subsolo, acessibilidade e heliponto.

Figura 3 - Croqui da fachada frontal do prédio



Fonte: Acervo pessoal

Figura 4 - Fachada frontal do prédio no momento da visita



Fonte: Acervo pessoal

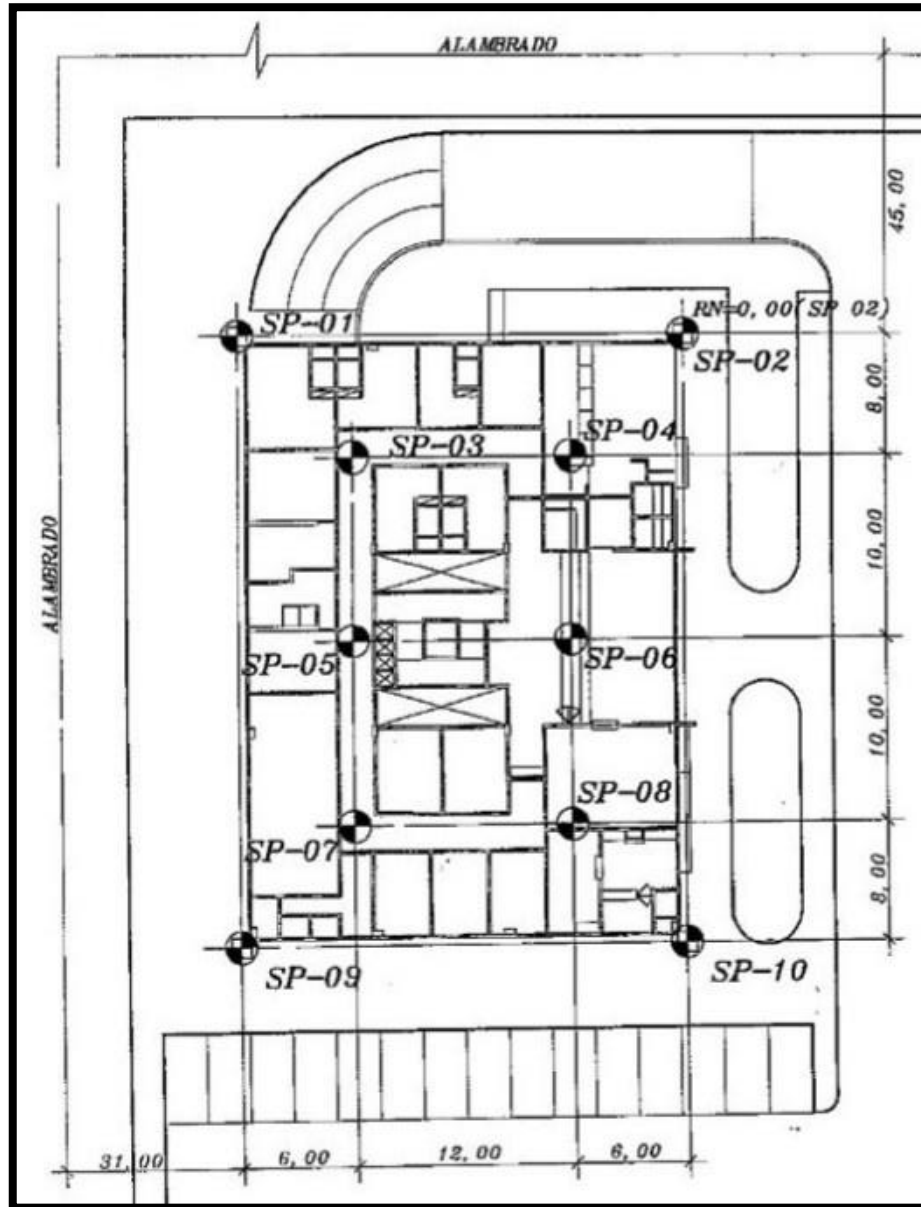
O terreno onde se situa a construção é plano, composto por um solo argiloso basicamente rijo. Um estudo de sondagem foi realizado no local para determinar a profundidade de resistência do solo e o nível d'água, para posteriormente, determinar o tipo de fundação a ser executada. De acordo com a NBR 8464 (2001, p. 2), o ensaio SPT tem o princípio de “[...] perfuração e cravação dinâmica de amostrador padrão, a cada metro, resultando na determinação do tipo de solo e de um índice de resistência, bem como da observação do nível do lençol freático”. A NBR 8036 (1983, p. 1) também diz que:

As sondagens devem ser, no mínimo, de uma para cada 200 m² de área da projeção em planta do edifício, até 1.200 m² de área. Entre 1.200 m² e 2.400 m² deve-se fazer uma sondagem para cada 400 m² que excederem de 1.200 m². Acima de 2.400 m² o número de sondagens deve ser fixado de acordo com o plano particular da construção. Em quaisquer circunstâncias o número mínimo de sondagens deve ser:

- a) dois para área da projeção em planta do edifício até 200 m²;
- b) três para área entre 200 m² e 400 m². (NBR 8036, 1983, p. 1)

Uma equipe especializada contratada pela construtora realizou ensaio SPT na área da projeção da obra, totalizando 10 furos igualmente distribuídos, que variaram de 1,40 a 9,25 metros de profundidade, com uma perfuração somada de 56,50 metros lineares. A figura 05 mostra a locação dos furos de sondagem feita pela empresa. Para termos uma noção da rigidez do solo, o ensaio alcançou resistência suficiente em uma média de 5,65 metros por furo.

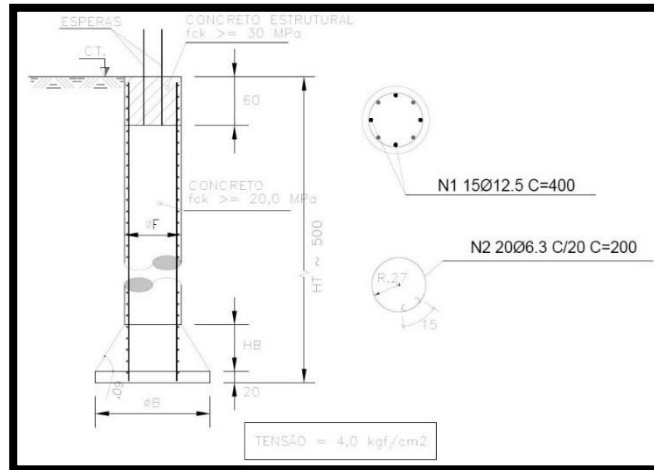
Figura 5 - Planta de localização dos furos



Fonte: Acervo pessoal

A fundação é composta por 65 tubulões de concreto usinado e bombeado de " f_{ck} " mínimo de 20 MPa, armado, com alturas que variam de 4 a 7 metros dependendo do esforço aplicado e da resistência do solo. A figura 06 mostra um detalhe do tubulão executado.

Figura 6 - Detalhe do tubulão



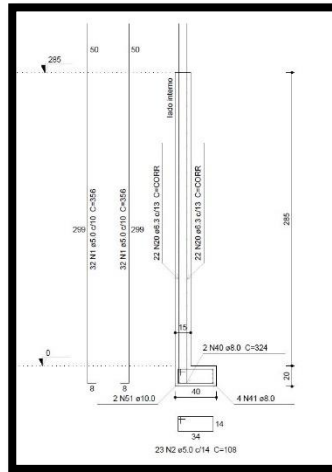
Fonte: Acervo pessoal

Vale ressaltar que no momento da entrega do concreto, segundo a NBR 7212 (1984), a empresa contratante deve exigir da empresa de concretagem o documento de entrega com os seguintes itens:

- quantidade de cada componente do concreto;
- volume de concreto;
- hora de início da mistura (primeira adição de água);
- abatimento do tronco de cone (slump);
- dimensão máxima característica do agregado graúdo;
- resistência característica do concreto à compressão, quando especificada;
- aditivo utilizado, quando for o caso;
- quantidade de água adicionada na central;
- quantidade máxima de água a ser adicionada na obra;
- menção de todos os demais itens especificados no pedido.

As paredes do subsolo e da rampa de acesso do prédio foram executadas como cortina de contenção, com concreto usinado e bombeado de "fck" maior que 30 MPa. As figuras 07 e 08 mostram, respectivamente, o detalhe de execução das paredes de contenção do solo e a foto da mesma no momento da visita.

Figura 7 - Detalhe da cortina de contenção



Fonte: Acervo pessoal

Figura 8 - Foto da cortina de contenção

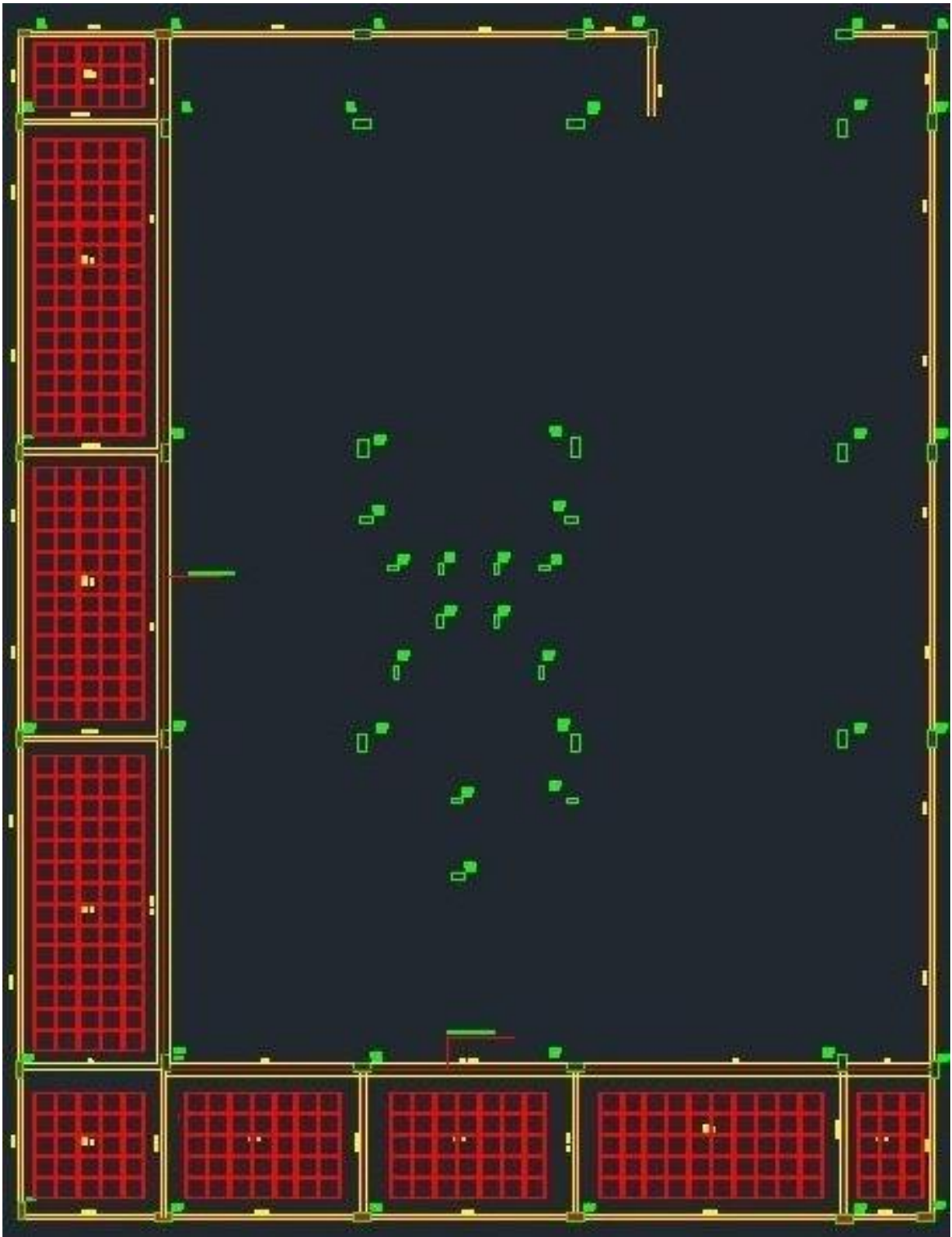


Fonte: Acervo pessoal

A superestrutura foi feita basicamente de concreto usinado e bombeado, com " f_{ck} " maior que 30 MPa, armado. A alvenaria de vedação foi composta por bloco cerâmico e argamassa.

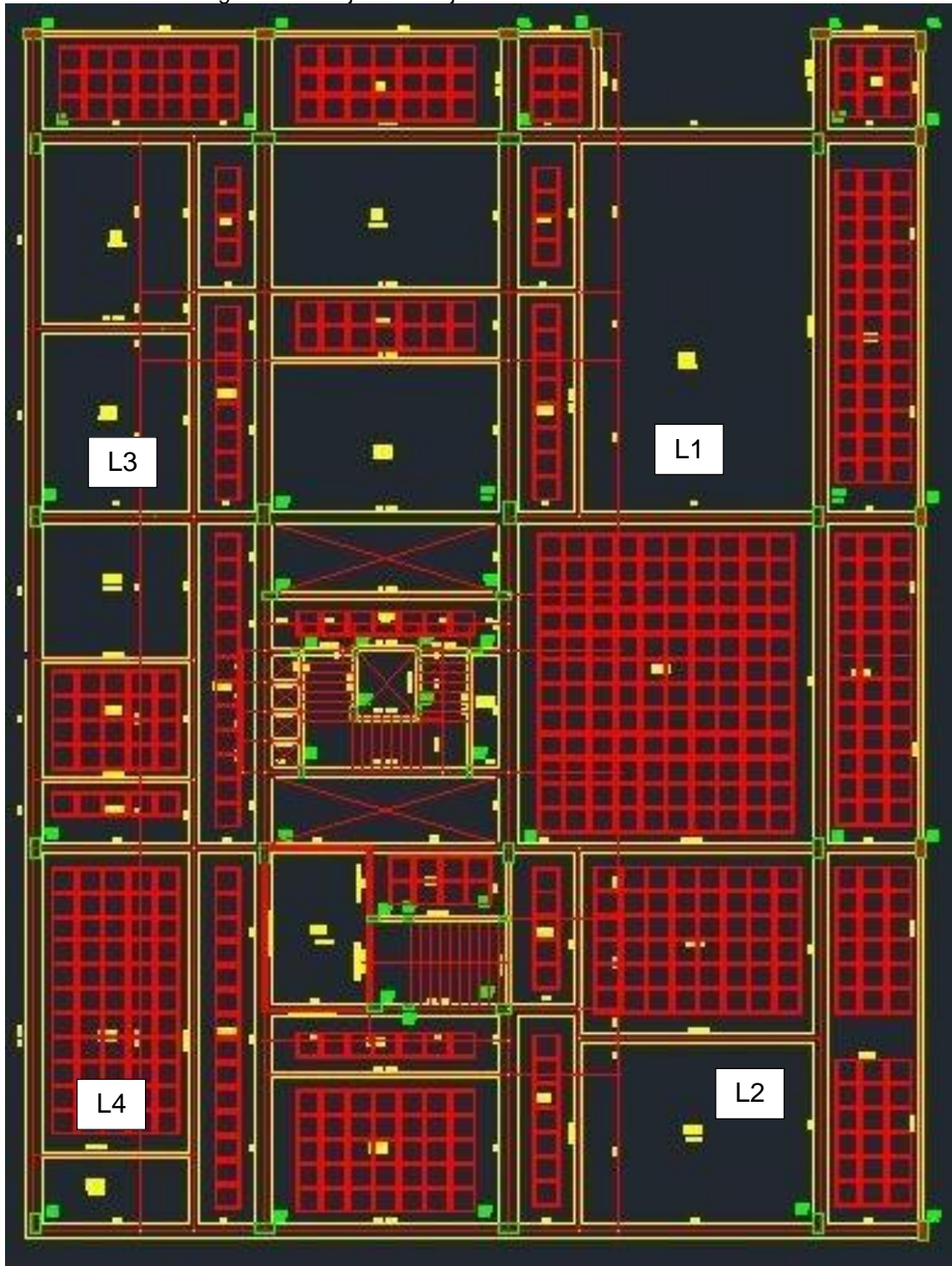
As figuras 9 e 10 mostram os projetos estruturais das lajes entre o subsolo e o térreo, executadas em concreto armado, sendo algumas maciças e outras nervuradas.

Figura 9 - Projeto das lajes externas do subsolo



Fonte: Acervo pessoal

Figura 10 - Projeto das lajes internas do subsolo



Fonte: Acervo pessoal

O empreendimento em questão sofreu uma longa paralisação na sua execução, que duraram oito meses, pela falência da antiga empresa responsável. Durante esse período, o canteiro de obra foi vítima de invasões e vandalismos. Em dezembro de 2016,

uma nova licitação foi realizada e a nova empresa ganhadora retomou a execução do prédio com a condição de reforçar a estrutura já existente.

5.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA EDIFICAÇÃO

As anomalias citadas a seguir foram verificadas “in loco”, em algumas visitas realizadas ao canteiro de obra, no ano de 2017. As aberturas foram registradas fotograficamente, medidas com régua e colmatadas, para monitoramento. O material usado na colmatação foi argamassa de gesso, para as alvenarias de vedação, e graute, para as peças estruturais.

No momento da primeira visita, no dia 04 de janeiro de 2017, o prédio já estava com a estrutura concluída, com cortina de contenção, pilares, vigas, lajes e reservatórios já concretados e desformados. A alvenaria de vedação estava quase completa, com aperto na parte superior e chapisco, reboco e pintura em algumas das paredes. Os pisos do pavimento térreo e superior já estavam com contrapiso executado.

O registro começou pelo térreo, e logo na entrada, já foi possível ver algumas aberturas no sentido vertical próxima do encontro entre a alvenaria e o pilar, como pode ser visto nas figuras 11, 12 e 13.

Figura 11 - Foto da rachadura no pavimento térreo



Fonte: Acervo pessoal

Figura 12 - Foto da trinca no pavimento térreo



Fonte: Acervo pessoal

Figura 13 - Foto da trinca no pavimento térreo



Fonte: Acervo pessoal

A abertura da figura 11 pode ser classificada como rachadura e as aberturas das figuras 12 e 13 podem ser classificadas como trincas. Elas são provenientes de um esforço fletor não previsto da estrutura na alvenaria. A peça de concreto exerce pressão sobre a parede, que abre na área de menor resistência, formando a anomalia.

O esforço pode ter vindo da sobrecarga gerada pelo aumento excessivo do contrapiso usado para regularização, como pode ser visto na figura 14. Esse volume não

estava previsto em projeto e, em conjunto com o peso da alvenaria cerâmica e do reboco, fizeram as lajes deformarem mais que o normal, depois da desforma.

Figura 14 - Foto do contrapiso executado



Fonte: Acervo pessoal

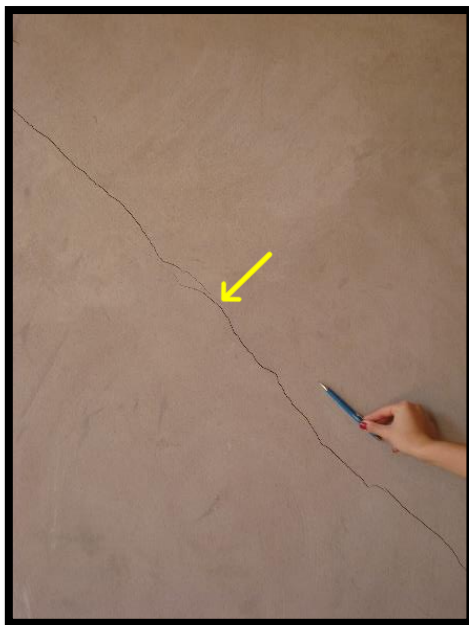
No pavimento superior, foram encontradas várias aberturas no sentido diagonal, nas alvenarias já rebocadas, como pode ser visto nas figuras 15, 16, 17 e 18.

Figura 15 - Foto da trinca no pavimento superior



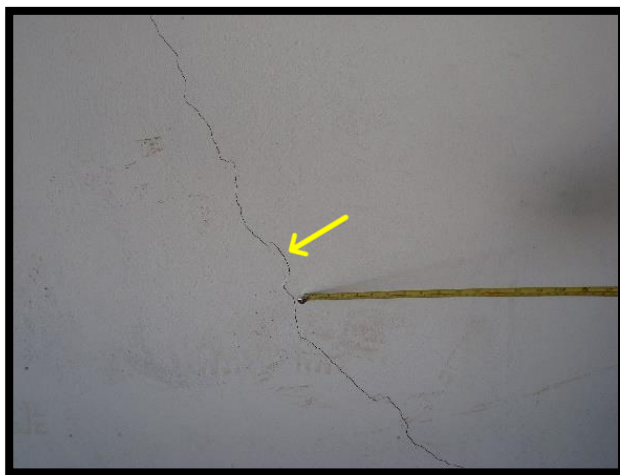
Fonte: Acervo pessoal

Figura 16 - Foto da fissura no pavimento superior



Fonte: Acervo pessoal

Figura 17 - Foto da fissura no pavimento superior



Fonte: Acervo pessoal

Figura 18 - Foto da fissura no pavimento superior



Fonte: Acervo pessoal

A abertura da figura 15 pode ser classificada como trinca e as aberturas das figuras 16, 17 e 18 como fissuras. Elas comprovam a hipótese de flexão das lajes. A parte inferior da alvenaria tenta acompanhar a deformação da estrutura, e como não é composta de material elástico, fissura na região de menor resistência. Se traçarmos uma diagonal imaginária perpendicular ao sentido da abertura, veremos a direção do deslocamento da estrutura.

No pavimento superior do prédio, foi registrada uma brecha entre a viga de acabamento e a viga da fachada, como pode ser visto nas figuras 19 e 20.

Figura 19 - Foto da brecha no pavimento superior



Fonte: Acervo pessoal

Figura 20 - Foto da brecha no pavimento superior



Fonte: Acervo pessoal

Para atingir a simetria estética no encontro entre as vigas, o engenheiro responsável na época decidiu executar uma viga de menor altura, fixada em outra, de maior altura, já executada anteriormente.

Mas, em uma visita posterior, como pode ser visto na figura 21, foi verificado que a peça se despreendeu da estrutura, e poderia ter causado um acidente grave se o prédio já estivesse em utilização.

Figura 21 - Foto da peça em ruína no pavimento superior



Fonte: Acervo pessoal

A segregação da peça foi causada pela falta de uma superfície maior de contato entre a peça e a estrutura, e de uma fixação com o engastamento adequado, levando em conta o peso da viga nova.

O registro continuou no subsolo. E lá, foram visualizadas algumas aberturas verticais na extremidade das vigas de transição, como pode ser visto na figura 22. A situação é grave, pois as peças ligam a estrutura do prédio à cortina de contenção.

Figura 22 - Foto da trinca no subsolo



Fonte: Acervo pessoal

Pela tipologia, as aberturas encontradas podem ser classificadas como trincas. E após a inspeção visual e a conversa com os envolvidos na obra, foi constatado que essas vigas de transição foram executadas após a cura e a desforma da cortina de contenção e

da viga principal. E como não foram dimensionadas e executas para tal situação atípica, não são suficientes para impedir a flexão da viga principal.

E, em uma nova visita à obra, no dia 28 de abril de 2017, foram encontradas aberturas ainda maiores nas vigas de transição, como pode ser visto na figura 23.

Figura 23 - Foto da rachadura no subsolo



Fonte: Acervo pessoal

As aberturas já atingiam grau de rachadura, segundo a tipologia. E mostra que a viga principal continua fletindo, mesmo após a retirada da sobrecarga exercida pelo contrapiso, como pode ser visto na figura 24.

Figura 24 - Foto do contrapiso sendo retirado no pavimento térreo



Fonte: Acervo pessoal

Até o momento deste trabalho, nenhuma alvenaria voltou a apresentar problemas, restringindo os cuidados apenas para as vigas do subsolo, que continuam a se movimentar.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados coletados, anteriormente e no momento das visitas, são suficientes para desvendar as causas das manifestações patológicas presentes na obra em questão.

A análise do histórico da obra permitiu concluir que não há falha nos projetos executivos e na qualidade do material utilizado. A tabela 04 mostra os resultados de um ensaio feito em corpos de prova extraído de determinadas lajes para análise da resistência da estrutura. O ensaio foi realizado em um laboratório especializado, com prensa Pavites de classe 1, escala de 1.000 KN, e testemunhos com estocagem de 5 dias.

Tabela 4 - Resultados dos ensaios de resistência

CORPO DE PROVA	MASSA (G)	MASSA ESPECIFICA (KG/M ³)	DIÂMETRO (MM)	ALTURA (MM)	RESISTENCIA A COMPRESSÃO (MPA)	FATOR DE CORREÇÃO	RESISTENCIA A COMPRESSÃO CORRIGIDA (MPA)	LOCAL
01	2745	2256	103,06	149,97	29,1	0,9750	28,4	L1
02	2367	2273	103,19	126,52	41,0	0,9450	38,7	L2
03	2038	2272	103,47	111,38	35,3	0,9025	31,9	L3
04	2292	2441	103,23	116,42	42,0	0,9167	38,5	L4

Fonte: Acervo pessoal

A causa das anomalias encontradas está na má execução dos processos construtivos. As falhas nos momentos de concretagem geraram dessimetrias de algumas vigas e lajes, trazendo para elas esforços não previstos e sobrecarga na estrutura.

Apesar disso, a estrutura do prédio em questão não corre risco de colapso. Mas necessita de reparação para não causar prejuízos de funcionalidade no momento da sua utilização.

7 CONCLUSÃO

O trabalho do engenheiro diagnóstico é de suma importância para o bom andamento de qualquer empreendimento. Nenhuma edificação está protegida de falhas humanas. Mas a descoberta da causa dos problemas em tempo hábil pode ser decisiva para o sucesso da sua vida útil.

A edificação analisada por esse trabalho foi vítima de vários problemas construtivos que culminaram em paralisações e prejuízos para a empresa responsável. Mostrando que a prevenção é sempre o melhor caminho.

Mas, após uma avaliação cuidadosa, pôde-se avaliar que as manifestações patológicas encontradas não correspondem com a de uma edificação próxima a desmoronar, como a empresa acreditava.

Com a reparação adequada das causas patológicas aqui citadas, a obra em questão pode ser finalizada, e entregue para a utilização pública.

8 REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122 – **Projeto e Execução de Fundações**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9575 – **Impermeabilização – Seleção e Projeto**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118 – **Projeto de estrutura de concreto** - procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8036 – **Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios**. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8464 – **Solo – sondagens de simples reconhecimento com SPT**– método de ensaio. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7212 – **Execução de concreto dosado em central** - procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13752 – **Perícias de engenharia na construção civil**. Rio de Janeiro, 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERICIA. **Norma básica para pericias em engenharia**. São Paulo, 2002.

BRASIL. Lei nº 10.406. **Código Civil**. Diário Oficial da União. Rio de Janeiro, 2002.

GOMIDE, Tito L. F.; NETO, Jeronimo C. P. F.; GULLO, Marco A. **Normas Técnicas para Engenharia Diagnóstica em Edificações**. 1ª Ed. São Paulo: PINI, 2009.

GOMIDE, Tito L. F. **Questões Básicas de Engenharia Diagnóstica**. Disponível em: <http://www.ie.org.br/site/noticias/exibe/id_sessao/5/id_noticia/8174/Quest%C3%B5es-b%C3%A1sicas-de-engenharia-diagn%C3%B3stica>.

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

SILVA, Fernando B. **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil**. Disponível em: < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/174/patologia-das-construcoes-uma-especialidade-na-engenharia-civil-285892-1.aspx>>.