



Centro Universitário de Brasília – UniCEUB
Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais
Aplicadas - FATECS

GABRIEL GIACOMETTI SALOMÃO

**ANÁLISE DE SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO EM
OBRAS DO DISTRITO FEDERAL COM O USO DE
POLIUREIA A QUENTE**

Brasília
2016

GABRIEL GIACOMETTI SALOMÃO

**ANÁLISE DE SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO EM OBRAS DO
DISTRITO FEDERAL COM O USO DE POLIUREIA A QUENTE.**

Monografia apresentada como requisito para conclusão do curso de Bacharelado em Engenharia Civil pela Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.

Orientador: Eng.^a Civil Flavio Costa, M.Sc.

Brasília
2016

GABRIEL GIACOMETTI SALOMÃO

**ANÁLISE DE SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO EM OBRAS DO
DISTRITO FEDERAL COM O USO DE POLIUREIA A QUENTE**

Monografia apresentada como requisito para conclusão do curso de Bacharelado em Engenharia Civil pela Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.

Orientador: Eng. Civil Flavio Costa, M.Sc.

Brasília, 24 de junho de 2016.

Banca Examinadora

Eng. Civil: Flavio Costa, M.Sc.
Orientador

Eng^a. Civil: Irene Joffily, M.Sc.
Examinadora Interna

Eng. Civil: Jorge Cunha, D.Sc.
Examinador Interno

AGRADECIMENTOS

A Deus, sempre em primeiro lugar, magnificamente o maior engenheiro de todos.

Ao professor Flavio de Queiroz Costa, não só pela orientação e dedicação, mas por não desistir deste trabalho mesmo diante das inúmeras dificuldades.

À professora Irene de Azevedo Lima Joffily, pelas dicas valiosas.

A todos os professores que fizeram parte da minha formação acadêmica e que ao longo dos anos contribuíram com conhecimento para esta pesquisa.

Aos colegas de turma, pelos bons e “sofridos” momentos compartilhados em sala de aula. Em especial Augusto Fonseca e Lucas Pena, pelo companheirismo.

A toda minha amada família, em especial meu avô, Dino Giacometti, pelo total incentivo e confiança.

A todos que de alguma forma contribuíram para esta pesquisa e para minha jornada rumo ao mercado de trabalho, muito obrigada!

RESUMO

A escolha correta dos métodos a serem escolhidos e um projeto adequado e planejado de impermeabilização, pratica pouco adotada em obras de pequeno porte ou até mesmo de

grande porte tornaram-se imprescindíveis. O uso da poliureia a quente como sistema de impermeabilização vem ganhando força no Brasil, o presente trabalho tem como objetivo abordar 5 obras de impermeabilização com o uso de poliureia a quente no Distrito Federal, a fim de identificar possíveis manifestações patológicas e suas causas, visando o estado de desempenho do produtor final ao destinatário. A poliureia pura e híbrida é um revestimento anticorrosivo, 100% sólido, são, por definição, bi-componentes, e exigem um equipamento especializado de bombas pneumáticas que alimentam um dosador, que por sua vez dosa, comprime e aquece os componentes, enviando-os para a pistola de aplicação por mangueiras aquecidas paralelas. A mistura, é feita no momento em que estes saem da pistola de aplicação. A partir desde momento os componentes passam a reagir, se solidificando em poucos segundos. A poliureia é um produto com mais de 40 anos de mercado e já consolidado nos Estados Unidos, Europa e Japão, porém em Brasília-DF, não vem apresentando um bom resultado em relação ao seu desempenho, as principais indústrias químicas voltadas para construção civil já disponibilizam o produto pelo Brasil, mais o custo do material ainda é relativamente alto. Concluiu-se que o sistema de impermeabilização de poliureia quente nas obras abordadas apresentaram o aparecimento de manifestações patológicas, como, bolhas ou manchas, o que demonstra que a nucleação da patologia se deu a partir da camada de base. As condições climáticas, atmosféricas e estado do substrato e reparos da base, são detalhes aos quais à edificação está submetida, e acaba determinando no resultado final do desempenho da impermeabilização empregada. Entende-se que os fornecedores têm fatores determinantes no produto final ao usuário. No entanto, o fornecedor tem a responsabilidade de passar a empresa executora do serviço uma folha com todos requisitos de dados, deste o armazenamento do produto até reparos e controle tecnológico. A norma de sistemas de impermeabilização a base de poliureia está sendo redigida, é uma forma de minimizar os problemas verificados, destacando-se a importância da normatização da poliureia que entrará em vigor.

Palavras-Chave: Impermeabilização. Poliureia Quente. Patologia.

ABSTRACT

The correct choice of methods to choose from and a suitable project and planned waterproofing, practices adopted in some small works or even large have become indispensable. The use of polyurea hot as waterproofing system has been gaining momentum in Brazil, this study aims to address 5 waterproofing works with the use of polyurea hot in the Federal District in order to identify possible pathological manifestations and their causes, aiming the performance of the final producer status to the recipient. the pure and hybrid polyurea is an anticorrosive coating, 100% solids, are, by definition, bi-component, and require specialized equipment pneumatic pumps feed into a feeder, which in turn dosa , compresses

and heats the components, sending them to the spray gun by hoses parallel heated. The mixture is made at the time they leave the spray gun. Starting from when the components start to react, solidifying in a few seconds. The polyurea is a product with more than 40 years of market and already established in the United States, Europe and Japan, but in BSB, is not having a good result in relation to its performance, the main chemical aimed at building already offer the product in Brazil, plus the cost of the material is still relatively high. The hot sealing system in polyurea It was concluded addressed works showed the appearance of pathological manifestations such as bubbles or blemishes, which shows that the nucleation condition occurred from the base layer. Climate, weather and condition of the substrate and repair the base, are details to which the building is subject, and ends up determining the final result of the performance of the employed waterproofing. It is understood that suppliers are determining factors in the final product to the user. However, the supplier has a responsibility to the executive company of service a sheet with all data requirements of this the product storage until repairs and technological control. The standard of waterproofing systems polyurea base is being drafted, is a how to minimize the problems encountered, highlighting the importance of normalization of polyurea which will take effect.

Keywords: Waterproofing. Hot polyurea. Pathology.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CUSTOS APROXIMADOS DAS ETAPAS DE UMA OBRA.	18
FIGURA 2 - EVOLUÇÃO DOS CUSTOS DE INTERVENÇÃO EM FUNÇÃO DA FASE DA VIDA DA ESTRUTURA (REGRA DE SITTER).....	19
FIGURA 3 - REAÇÃO DE FORMAÇÃO DA POLIUREIA.	21
FIGURA 4 - MÁQUINA APLICADORA DE POLIUREA A QUENTE.	24
FIGURA 5 - PISTOLA DE APLICAÇÃO.	25
FIGURA 6 - LOCALIZAÇÃO DO MEMORIAL JK.....	30
FIGURA 7 - VISTA POSTERIOR DO MEMORIAL JK, ESPELHO D'ÁGUA LADO OESTE.	31
FIGURA 8 - BOLHAS NO ESPELHO D'ÁGUA LADO OESTE.	32
FIGURA 9 – LODO POR TODA EXTENSÃO DO ESPELHO D'ÁGUA LADO OESTE.....	33
FIGURA 10 - BOLHAS NO ESPELHO D'ÁGUA LADO OESTE.	33
FIGURA 11 - VISTA FRONTAL DO MEMORIAL JK, ESPELHO D'ÁGUA LADO LESTE.	34
FIGURA 12 – INÚMERAS BOLHAS POR TODA EXTINÇÃO DO ESPELHO D'ÁGUA LADO LESTE. ..	34
FIGURA 13 – POLIUREIA ENRUGADA NA PAREDE DO ESPELHO D'ÁGUA LADO LESTE.	35
FIGURA 14 – POLIUREIA RASGADA E GRANDE QUANTIDADE DE LODO NO FUNDO DO ESPELHO D'ÁGUA LADO LESTE.....	35
FIGURA 15 – RALO DE ESCOAMENTO DO ESPELHO D'ÁGUA LADO LESTE.	36
FIGURA 16 – ENTRADA DE ÁGUA PARA BOMBAS.....	36
FIGURA 17 – DETALHE DA COLORAÇÃO DA TINTA APLICADA NA MEMBRANA DE POLIUREIA HÍBRIDA.	37
FIGURA 18 – LOCALIZAÇÃO DA POUPEX.....	38
FIGURA 19 – ESPELHO D'ÁGUA SOBRE O SOLO E ACADEMIA, COM JUNTA DE DILATAÇÃO.....	39
FIGURA 20 – MANCHAS NA MEMBRANA DE POLIUREIA PURA, SOBRE O SOLO.	40
FIGURA 21 – MANCHAS NA MEMBRANA DE POLIUREIA PURA, SOBRE O SOLO.	40
FIGURA 22 – DESGASTAMENTO DA MEMBRANA DE POLIUREIA PURA, SOBRE A ACADEMIA. ..	41
FIGURA 23 – MEMBRANA DE POLIUREIA PURA ACOMPANHANDO FISSURAS DO SUBSTRATO.	41
FIGURA 24 – BOLHAS NA MEMBRANA DE POLIUREIA PURA, SOBRE A ACADEMIA.....	42
FIGURA 25 – PRIMEIRA APLICAÇÃO DA POLIUREIA NA LAJE. NOV DE 2011.....	43
FIGURA 26 – MANCHA DE ACUMULO DE ÁGUA. DEZ DE 2012.	43
FIGURA 27 – BOLHAS NA LAJE EXTERNA. MAIO DE 2016.	44

FIGURA 28 – CAMADA DE APROXIMADAMENTE 4 MM, NÃO ADERIU A OUTRA CAMA, DELAMINAÇÃO. MAIO DE 2016.	44
FIGURA 29 – DELAMINAÇÃO E ÁGUA EMPOÇADA. FEV DE 2014.	45
FIGURA 30 – RAMPA DE ACESSO DE VEÍCULOS.	45
FIGURA 31 – JUNTA DE DILATAÇÃO DA LAJE EXTERNA. MAIO DE 2016.	46
FIGURA 32 – JUNTA DE DILATAÇÃO. MAIO DE 2016	46
FIGURA 33 – LOCALIZAÇÃO DO UNICEUB.	47
FIGURA 34 – VISTA INFERIOR DA LAJE.	48
FIGURA 35 – CONTRAPISO INICIADO.	49
FIGURA 36 – LAJE EXTERNA.	49
FIGURA 37 – MEMBRANA DE POLOUREIA FINALIZADA	50
FIGURA 38 – DETALHE DE ELEMENTOS CONSTRUTIVOS COM POLIUREIA	50
FIGURA 39 – DETALHE DA MEMBRANA DE POLIUREIA EM PILAR METÁLICO.	51
FIGURA 40 – LIXO ESPALHADO.	51
FIGURA 41 – SALA DE MÁQUINAS	52
FIGURA 42 - MANCHA NA PAREDE DA SALA DE MÁQUINAS.	53
FIGURA 43 – PAREDE DA SALA DE MÁQUINAS.	54
FIGURA 44 – MANCHA CLARA NA PAREDE DA SALA DE MÁQUINAS.	54
FIGURA 45 – ESCORRIMENTO DE POLIUREIA NA PAREDE.	55

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO DAS POLIUREIAS EM FUNÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E TEMPO DE CURA.	22
TABELA 2 - CRITÉRIOS DE DESEMPENHO MÍNIMO DE POLIUREIA SOB IMERSÃO.	22
TABELA 3 - CRITÉRIOS DE DESEMPENHO MÍNIMO DE POLIUREIA NÃO IMERSAS.	23
TABELA 4 – RESUMO DAS OBRAS ANALISADAS.	56

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES PELA ABNT NBR 9575/2010.	16
QUADRO 2 - PERCENTUAIS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UMA EDIFICAÇÃO.	28

LISTA DE ABREVIações

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
ASTM	American Society for Testing and Materials
EPI	Equipamento de proteção Individual
EUA	Estados Unidos da América
FISPQ	Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos
FHE	Fundação Habitacional do Exército
JK	Juscelino Kubitschek
NBR	Norma Brasileira
PDA	Polyurea development association
POUPEX	Associação de Poupança e Empréstimo
SMU	Setor Militar Urbano
SSPC	Society for Protective Coatngs

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo Geral.....	12
2.2	Objetivos Específicos.....	12
2.3	Hipótese.....	12
2.4	Justificativa	12
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1	Impermeabilização.....	13
3.2	Projeto de impermeabilização.....	13
3.3	Sistemas de impermeabilização	15
3.4	Custos da Impermeabilização.....	17
3.5	Poliureia.....	20
3.6	Patologias	27
4	METODOLOGIA DE TRABALHO	29
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	30
5.1	Espelhos d'água do Memorial Juscelino Kubitschek (JK).....	30
5.2	Espelho d'água da Associação de Poupança e Empréstimo (POUPEX).....	38
5.3	Laje externa da concessionária BALI.....	42
5.4	Laje externa do bloco 9 do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.	47
5.5	Sala de máquinas do reservatório de reuso d'água do empreendimento ÍON....	52
5.6	Resumo das obras abordadas.....	56
6	CONCLUSÃO	57
6.1	Sugestões para Pesquisas Futuras.	58
7	REFERÊNCIAS	59
	APÊNDICE A	62

1 INTRODUÇÃO

O Presente trabalho tem o intuito de abordar obras de impermeabilização com o uso de poliureia a quente no Distrito Federal, apresentar e discutir o sistema de impermeabilização em empregado no local, analisar possíveis patologias na membrana de poliureia, visando o estado de desempenho do produtor final ao destinatário.

Hoje, com a exigência da qualidade cada vez maior no mercado da construção civil e a promulgação das Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) da Norma Brasileira de Desempenho 15575-1/2013, os sistemas de impermeabilização deixaram de serem executados a partir de conhecimento empíricos e na ausência de projeto específicos de impermeabilização.

A impermeabilização consiste em um conjunto de camadas com funções específicas e definidas, que devem ser dimensionadas de forma adequada e planejada, visando garantir a eficiência desejada e, assim, alcançar o melhor custo benefício.

A evolução de novos materiais e otimização de processos na construção, no âmbito da impermeabilização, ampliou as possibilidades, mas dificultou a seleção do correto emprego do sistema de impermeabilização em edificações. Sendo assim, restaram evidentes problemas patológicos distintos, tanto pelas etapas da construção que foram geradas, como pelos tipos de materiais envolvidos, pela falta de especificações, detalhamento e manutenção, entre outros.

Alguns povos antigos, como os romanos e os incas, já se utilizavam de substância chama albumina (clara de ovo, sangue, óleos, etc.) para realizar impermeabilizações em saunas e aquedutos. No Brasil, em algumas cidades históricas, existem igrejas e pontes em perfeito estado de conservação, cuja argamassa de assentamento das pedras foi misturada com óleo de baleia, utilizado como plastificante com a intenção de se obter estruturas menos permeáveis (VEDACIT, 2016. p .6).

Atualmente, a poliureia aplicada a quente é a última expressão da tecnologia no setor da impermeabilização para construção civil para aplicações em grandes áreas abertas e necessidade de produtividade alta e vem ganhando atenção e

credibilidade apesar da resistência dos empreiteiros nos últimos anos no Brasil. Inicialmente desenvolvida para o setor automobilístico, hoje a poliureia é fornecida em uma variedade de formulações diferentes para diversos tipos de aplicação. Na construção civil, o sistema já é bem estabelecido no exterior, onde suas propriedades e vantagens já são bem conhecidas e existe um histórico extenso da utilização deste material com uma taxa de sucesso bem elevada quando comparada aos sistemas tradicionais.

Isto posto, a escolha correta dos métodos a serem escolhidos e um projeto adequado e planejado de impermeabilização, pratica pouco adotada em obras de pequeno porte ou até mesmo de grande porte tornaram-se imprescindíveis.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo analisar obras de impermeabilização realizadas no Distrito Federal com poliureia a quente a fim de identificar possíveis manifestações patológicas e suas causas.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o sistema de impermeabilizante empregado no local da obra.
- Identificar eventuais manifestações patológicas presente.
- Diagnosticar a possível causa da patologia.

2.3 Hipótese

Acredita-se que os serviços de impermeabilização entregues vão apresentar manifestações patológicas em diferentes tipos e estados. Alegando a necessidade da padronização do sistema de impermeabilização com o uso de poliureia a quente.

2.4 Justificativa

O estudo busca verificar o presente serviço *in loco* de impermeabilização com poliureia a quente entregue em tais obras, partindo do pressuposto de que a inovação tecnológica do uso da poliureia no ramo de impermeabilização na construção civil, vem ganhando destaque e há uma necessidade da normatização com uso de poliureia no Brasil.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Impermeabilização

A água é um dos maiores originadores de patologias, de forma direta ou indireta, seja, no estado de gelo, líquido ou mesmo enquanto vapor de água. Pode ser vista como um agente de degradação ou meio para a instalação de outros agentes de depreciação.

Sabe-se, inclusive, que locais de chuvas intensas aliada à umidade são mais prejudiciais à conservação das construções. Consequência à ação da água como elemento de deterioração do material empregado, ocasionando um intemperismo imprescindível tanto físico quanto químico. Devido a sua presença podendo ser em diferentes estados, suas ações e efeitos podem ocorrer de diversas maneiras numa mesma construção, influenciando nos métodos de proteção a estrutura que serão utilizados.

A norma NBR 9575 (ABNT, 2010), define impermeabilização como sendo o “conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade”.

Assim, a proteção da construção contra a água e outros fluidos, como agente de degradação se torna indispensável para sua durabilidade e manutenção de uso dentro do desempenho adequado para tal solicitação.

Desta maneira, é essencial e determinante o conhecimento das causas da umidade nas edificações para distinguir o projeto e tipo de sistema de impermeabilização a ser utilizado.

3.2 Projeto de impermeabilização

As estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que, as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme

preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o prazo correspondente à sua vida útil. (ABNT, 2014a).

Ainda segundo a norma NBR 6118 (ABNT, 2014a), a vida útil de projeto, entende-se o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, sem intervenções significativas, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor.

Os requisitos de uso e manutenção são de suma relevância para a longevidade da edificação na qual a elaboração e a responsabilidade técnica são do profissional legalmente habilitado. O projeto de impermeabilização deve ser elaborado em conjunto e consolidado com os demais projetos de arquitetura, estrutural, hidráulico-sanitário, águas pluviais, incêndio, gás, elétrico, revestimento, paisagismo e outros.

A NBR 9575 (ABNT, 2010), descreve projeto de impermeabilização como o conjunto de informações gráficas e descritivas que definem integralmente as características de todos os sistemas de impermeabilização empregados em uma dada construção, de forma a orientar inequivocamente a produção dele. Isso implica que a função do projeto de impermeabilização tem como elaborar, analisar, detalhar, orientar, discriminar e adotar todas as metodologias pertinentes visando a melhor eficiência da impermeabilização, compatibilizando os possíveis sistemas de impermeabilização a serem adotados com a concepção da edificação.

Quando o projeto de impermeabilização for elaborado pelo profissional legalmente habilitado em conjunto e consolidado com os demais projetos, é determinado a solicitação imposta pelo fluido nas partes construtivas que requeiram estanqueidade, dado pela norma NBR 9575 (ABNT, 2010), a quatro formas distintas de solicitação:

- a) imposta pela água de percolação;
- b) imposta pela água de condensação;
- c) imposta pela umidade do solo;
- d) imposta pelo fluido sob pressão unilateral ou bilateral.

Fazendo o estudo preliminar com o relatório contendo a qualificação das áreas a serem impermeabilizadas, são definidos os tipos de impermeabilização e o equacionamento das distorções existentes entre todos os elementos e componentes

construtivos. Definindo os sistemas de impermeabilização é levantando o quantitativo, estudo de desempenho e estimativa de custo, contemplando o projeto básico de impermeabilização. Seguindo o cronograma da norma NBR 9575 (ABNT, 2010), é desenvolvido o projeto executivo de impermeabilização, tendo em vista o projeto básico de impermeabilização, que se ilustra à planta de localização e identificação das impermeabilizações, do mesmo modo dos locais de detalhamento construtivo específico de todas as soluções adotadas, como a inclinação do substrato, pingadeira para impedir o escoamento da água, possibilidade sempre que possível ao acesso a impermeabilização, bem como minimizar a intervenção nos revestimentos sobrepostos a ela, assim como sejam percebidas falhas do sistema impermeável, a degradação das estruturas e componentes construtivos. Deve se atentar como serviços complementares presente ao projeto executivo de impermeabilização onde é especificado metodologias para controle, inspeção e diretrizes para elaboração de manual de uso, operação e manutenção.

O austero controle da execução da impermeabilização é fundamental para o seu desempenho, carecendo desta fiscalização devendo ser feita não somente pela empresa aplicadora, mas principalmente pelo responsável da obra.

3.3 Sistemas de impermeabilização

Sistemas de impermeabilização consistem em um conjunto formado pelos insumos dispostos em camadas ordenadas, destinado a conceder estanqueidade a uma edificação. (ABNT, 2010).

A escolha do sistema de impermeabilização adequado é determinada pela forma de atuação d'água sobre a construção e do comportamento químico e físico dos elementos desta edificação sujeitos ao exercício do fluido. Em quaisquer condições, é perpetuamente importante ter ciência que a melhor solução é aquela estudada previamente na fase preliminar. É de suma importância o entendimento de intervenções para correções de problemas pós-ocupação, são efetivamente mais complicados e com custo mais elevado.

Apesar de alguns autores classificar os impermeabilizantes de acordo com sua flexibilidade, a norma NBR 9575 (ABNT, 2010), classifica segundo o material constituinte principal da camada impermeável.

Os impermeabilizantes são classificados conforme a sua flexibilidade, ou seja, sua capacidade de resistir às retrações e descontrações da estrutura e a partir dessa capacidade. Assim os tipos de impermeabilização são especificados de acordo com a estrutura a ser impermeabilizada. (SOARES, 2014, p 53).

O material impermeabilizante utilizado não é apenas o fator determinante para o sucesso de uma impermeabilização, mas também da interação destes com o substrato que o acomoda, da estrutura como um todo, entre outros fatores.

O **Quadro 1** abaixo retirado da dissertação de mestrado do Paulo Henrique Vasconcelos em 2015, demonstra didaticamente essa classificação dos sistemas de impermeabilização:

Quadro 1 - Classificação dos sistemas impermeabilizantes pela ABNT NBR 9575/2010.

TIPO DE CLASSIFICAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA	DESCRIÇÃO
Flexibilidade	Flexíveis	Materiais com alta capacidade de deformação em relação ao substrato onde foi aplicado.
	Rígidos	Materiais com pouca capacidade de deformação ao substrato aonde foi aplicado.
	Semiflexíveis	Materiais com características intermediárias.
Metodologia de aplicação	Membranas	Moldados no local, aplicados na forma líquida ou pastosa.
	Mantas	Pré-moldados, comercializados em rolos.
	Sistemas injetáveis	Onde são resinas poliméricas em geral a base de poliuretano, injetadas com o auxílio de equipamentos e bicos injetores no interior de fissuras por onde existem infiltrações e através de estruturas enterradas como cortinas e poços de elevador para que o produto impermeabilizante fique entre o solo e a estrutura.
Solicitações imposta pela água	Pressão unilateral ou bilateral	Pressão hidrostática positiva: sistemas impermeabilizantes que recebem pressões hidrostáticas no sentido ao da aderência do sistema ao substrato.
		Pressão hidrostática negativa: sistemas impermeabilizantes que recebem pressão hidrostática em sentido contrário ao da aderência do sistema ao substrato.
	Água por condensação	Sistemas que devem suportar a ação da água que atinge uma estrutura por condensação

	Água de percolação	Sistemas que devem suportar a ação da água de percolação e sem confinamento, como lajes, calhas, floreiras, etc.
	Água por umidade do solo	Sistemas que devem suportar a ação da água por umidade ascendente (ascensão capilar) proveniente do solo, como em pisos em contato com o solo, paredes nas quais aparece a patologia "mofo de rodapé", etc.
Exposição ao intemperismo	Resistentes ao intemperismo	Produtos ou sistemas cujas propriedades permitem sua exposição direta ao intemperismo.
	Autoprotégidos	São produzidos com um acabamento superficial protetor, como uma manta asfáltica aluminizada.
	Pós-protégidos	São materiais ou sistemas que demandam a execução de um acabamento protetor compatível.
Aderência ao substrato	Aderidos ao substrato	Sua principal vantagem é de que não permitem a infiltração de água por entre o substrato e a camada impermeabilizante, e neste caso é mais fácil de localizar o problema. A desvantagem é que o sistema deve ser capaz de suportar totalmente a movimentação do substrato a fim de que não haja infiltrações.
	Parcialmente aderidos	Características parciais de aderência
	Não aderidos	Possuem a vantagem de não absorver nenhuma movimentação proveniente da estrutura.
Temperatura de aplicação	A frio	Quando o produto não demanda elevação de temperatura para a aplicação tendo seu veículo básico água ou solventes.
	A quente	Quando é necessário o aumento da temperatura para haver aplicabilidade do material impermeabilizante.

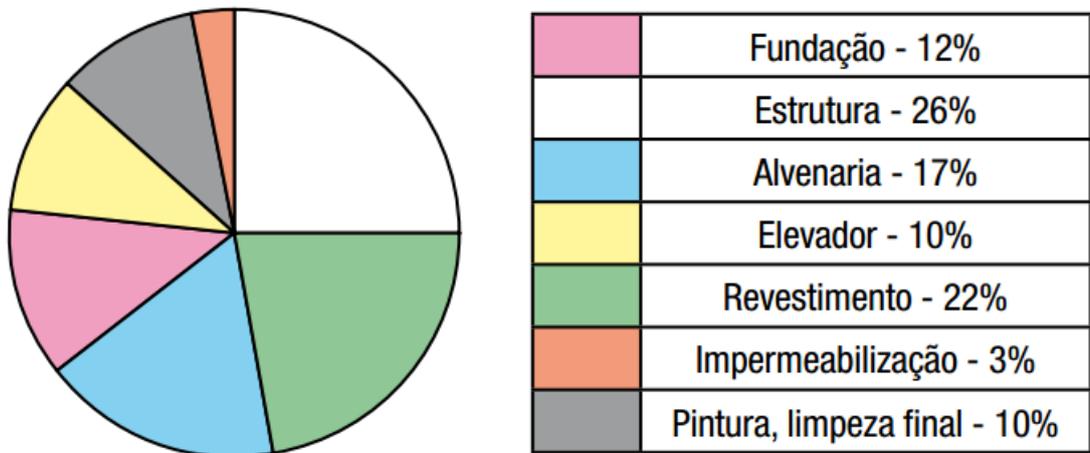
Fonte: VASCONCELOS, 2015, p. 32.

3.4 Custos da Impermeabilização

Os serviços de impermeabilização são responsáveis por uma grande quantidade de procedimentos de intervenção corretiva nas construções. A maior atribuição das impermeabilizações realizadas é estabelecido pelo quesito menor custo, ou seja, utilizando-se um produto similar ao que seria corretamente especificado e sem nenhum estudo preliminar, projeto ou com uma especificação de um profissional devidamente habilitado. (TELE; FREI, 2009).

Com a concepção de projeto de impermeabilização, contratação de empresa, mão de obra especializada e fiscalização do serviço impermeabilizante, atinge-se de 1% a 3% do valor total da obra como mostra a **Figura 1** a seguir.

Figura 1 - Custos aproximados das etapas de uma obra.



Fonte: VEDCIT, 2016.

Fatores como a escolha de um projeto de impermeabilização, qualidade de materiais e sistemas, execução, construção, fiscalização e preservação contemplam uma impermeabilização adequada.

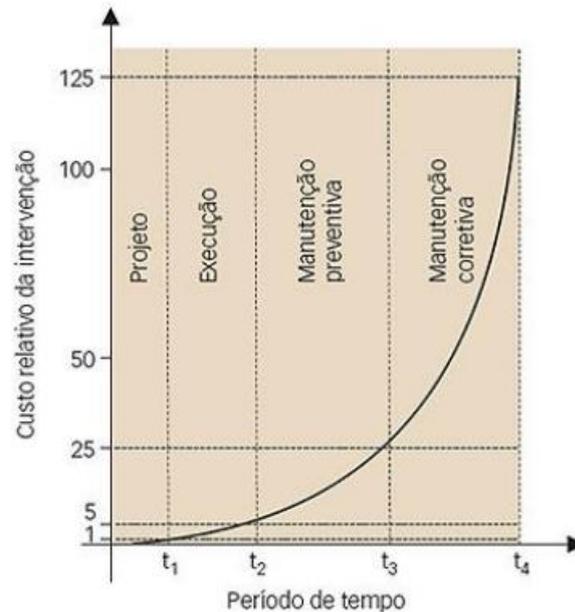
O custo para recuperação de uma falha de impermeabilização engloba muitas vezes paralisação dos serviços construtivos para retirada do revestimento como pinturas e granitos, prosseguida pela retirada do material aplicado erroneamente e seu substrato para uma "reimpermeabilização".

Segundo Bauer:

As falhas de desempenho dos sistemas de impermeabilização poderão gerar ainda custo de reimpermeabilização que superam 5 a 10% do custo da obra, já que muitas vezes as reimpermeabilização envolvem quebras dos revestimentos de acabamento, sem levar em consideração os custos mais difíceis de se mensurarem, como os de depreciação do valor patrimonial, manchas, utilização normal da área impermeabilizada, dentre outros. (2010).

A "lei dos 5" ou regra de Sitter representada na **Figura 2** abaixo, mostra a evolução dos custos em função da fase da vida da estrutura em que a intervenção seja feita. Para totalizar um certo nível de durabilidade e proteção, os custos crescem drasticamente com o período de espera para se fazer essa intervenção.

Figura 2 - Evolução dos custos de intervenção em função da fase da vida da estrutura (Regra de Sitter).



Fonte: SILVA, 2010, p. 13.

De acordo com Helene, a regra de Sitter pode ser exposta, conforme a intervenção ocorra na:

- a) fase de projeto: toda medida tomada em nível de projeto com o objetivo de aumentar a proteção e a durabilidade da estrutura, como, por exemplo, aumentar o cobrimento da armadura, reduzir a relação água / cimento do concreto ou aumentar o f_{ck} , especificar certas adições, ou tratamentos protetores de superfície, e outras tantas implica um custo que pode ser associado ao número 1(um);
- b) fase de execução: toda medida extra projeto, tomada durante a fase de execução propriamente dita, implica um custo cinco vezes superior ao custo que acarretaria tomar uma medida equivalente na fase de projeto, para obter-se o mesmo nível final de durabilidade ou vida útil da estrutura. Um exemplo típico é a decisão em obra de reduzir a relação água / cimento para aumentar a durabilidade. A mesma medida tomada na fase de projeto permitiria o redimensionamento automático da estrutura considerando um novo concreto de resistência à compressão mais elevada, de maior módulo de deformação e de menor fluência. Esses predicados permitiriam reduzir as dimensões dos componentes estruturais, reduzir as formas e o volume de concreto, reduzir o peso próprio e reduzir as taxas de armaduras. Essas medidas tomadas em nível de obra, apesar de eficazes e oportunas do ponto de vista da vida útil, não mais podem propiciar economia e otimização da estrutura;

c) fase de manutenção preventiva: as operações isoladas de manutenção do tipo; pintura frequentes, limpezas de fachada sem beirais e sem proteções, impermeabilizantes de coberturas e reservatórios mal projetados, e outras, necessárias a assegurar as boas condições da estrutura durante o período da sua vida útil, podem custar até 25 vezes mais que medidas corretas tomadas na fase de projeto estrutural ou arquitetônico. Por outro lado, podem ser cinco vezes mais econômicas que aguardar a estrutura apresentar problemas patológicos evidentes que requeiram uma manutenção corretiva;

d) fase de manutenção corretiva: corresponde aos trabalhos de diagnóstico, reparo, reforço e proteção das estruturas que já perderam sua vida útil de projeto e apresentam manifestações patológicas evidentes. A estas atividades pode-se associar um custo 125 vezes superior ao custo das medidas que poderiam e deveriam ter sido tomadas na fase de projeto e que implicariam um mesmo nível de durabilidade que se estime dessa obra após essa intervenção corretiva. (1997).

3.5 Poliureia

A Polyurea development association (PDA, 2016) define a poliureia como proveniente do produto resultante da reação química entre um componente poliisocianato e um composto de resinas terminadas em amina.

A Poliureia híbrida resulta da reação química entre um componente isocianato e um composto de resinas terminadas em amina e matérias-primas com terminação de hidroxilas. O isocianato que pode ser de natureza aromática ou alifática e um componente composto de resinas, aditivos, extensores de cadeia e pigmentos e catalisadores.

A primeira descrição referente à poliureia se deu em 1948 quando pesquisadores estavam comparando propriedades térmicas entre poliésteres, polietilenos, poliuretanos, poliamidas e poliureias e notaram uma estabilidade térmica a temperaturas mais elevadas na poliureia. (PRIMEAUX, 2006).

O segundo relato da poliureia foi na década de 60 no Alasca, e depois do aprimoramento de sua aplicação foi levada para os Estados Unidos, onde tornou-se um produto comercializado nos anos 70, e hoje em dia é largamente aplicada nos Estados Unidos da América (EUA). (PASTORI, 2007).

Por meados dos anos 80 um funcionário da “Texaco Chemical Company”, desenvolveu a poliureia que conhecemos atualmente. (TRIPP et. al. , 2002).

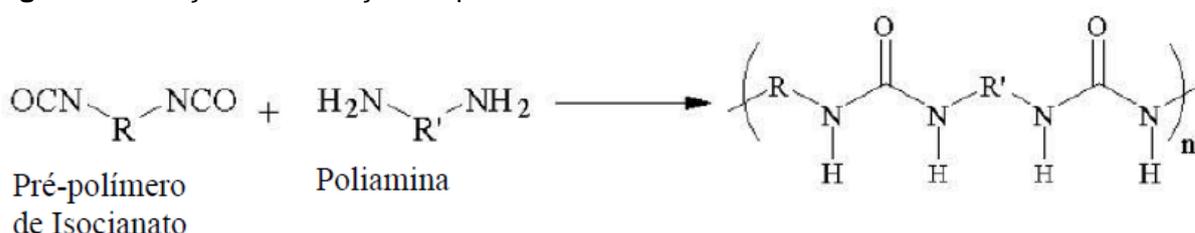
Segundo Primeaux et. al. (2006), a derivação do sistema de revestimento atual da poliureia foi desenvolvido a partir de uma injeção de poliureia em moldes de partes externas de veículos como, amortecedores, painéis traseiros, paralamas para caminhões, entre outras peças, no início dos anos 70, em consequência do baixo custo, aliada a sua baixa densidade e capacidade de aceitar um tipo de pintura por deposição eletrolítica.

No entanto, esse não foi o primeiro trabalho real com aplicação de poliureia em alta pressão. Houve algumas tentativas em obras para abrigos temporários, coberturas e proteção contra explosões, com insucesso na década de 70. O primeiro uso do sistema de poliureia aplicado como conhecemos atualmente, com equipamento de alta pressão foi num sistema de impermeabilização de telhados em 1989 nos Estados Unidos. (PRIMEAUX et. al. , 2006).

Atualmente, no Brasil, o referido material é usado em revestimento de peças de desgaste em mineração, tubos de extração de petróleo, revestimentos automotivos, entre outros. Na construção civil, é aplicado em sistemas de impermeabilização. (VASCONCELOS et. al., 2012).

As características químicas da poliureia, são resinas terminadas em amina (-NH₂). A reação química das resinas terminadas em amina com o isocianato resultam na formação de uma ligação de ureia, como exibi a **Figura 3**.

Figura 3 - Reação de formação da poliureia.



Fonte: Polyurea development association (PDA).

Segundo a PDA, a poliureia passou a ser mais uma alternativa de impermeabilizante, como tantas outras existentes no mercado. Há vários fabricantes desenvolvendo este produto puro e híbrido, que atendem mercados específicos.

De acordo com a norma americana Society for Protective Coatings 45 (SSPC 45, 2013), as poliureias são divididas em função de seu tempo de reação e sua composição química.

Tabela 1 - Classificação das poliureias em função da composição química e tempo de cura.

Tecnologia	<i>“Não Bloqueados”</i> (pega livre rápida) Tempo \leq 2 minutos	<i>“Bloqueados”</i> (pega livre moderada) Tempo $>$ 2 minutos e $<$ 30 minutos
Sistema Poliuréia	Tipo 1a	Tipo 1b
Sistema Híbrido Poliuréia/Poliuretano	Tipo 2a	Tipo 2b

Fonte: The Society for Protective Coatings 45 (SSPC 45), 2013.

A SSPC 45, ainda cita os requisitos de desempenho mínimo de poliureia sob imersão e não sob imersão, demonstrados nas **Tabela 2** e **Tabela 3** a seguir.

Tabela 2 - Critérios de desempenho mínimo de poliureia sob imersão.

PROPRIEDADES	MÉTODO ASTM	CRITÉRIO MÍNIMO
Dureza Retenção [Método ASTM D6943 A, durante 30 dias a 25°C (77°F)]	D2240, Shore A ou Shore D	Redução máxima dureza maior de 8A ou 5D.
Adesão ao revestimento aplicado anteriormente (imersão ou não imersão)	D4541, Métodos D, E, ou F (aço) D7234 (concreto)	Deve ser igual ou maior do que a força de aderência do revestimento ao substrato original usando mesmo método de ensaio ASTM.
Resistência à formação de bolhas, ASTM D6943 método B1 ou D471 ASTM (quando especificado) por 30 dias no mínimo.	D714	Classificação de "0" (sem formação de bolhas) em qualquer um dos três painéis.
Resistência à massa e a mudança de volume após 7 dias de exposição a 25°C (77°F) (imersão)	D471	Nenhum espécime deve apresentar uma mudança de massa superior a 10 por cento ou uma mudança de volume superior a 15 por cento.
Tempo de CURA	D1640	Igual ou menos de 2 minutos.

Fonte: VASCONCELOS, MODIFICADO, 2015, p. 55.

Tabela 3 - Critérios de desempenho mínimo de poliureia não imersas.

EXPOSIÇÃO DO TESTE	NÍVEL DE PERFORMANCE	TEMPO DE EXPOSIÇÃO	MÉTODO ASTM	CRITÉRIO MÍNIMO
Envelhecimento	Nível 1	2000 hs	G 154	Nenhuma das propriedades físicas listadas nessa Tabela poderá ter uma redução maior que 25% após submetida ao intemperismo artificial.
	Nível 2	3000 hs		
PROPRIEDADES TESTADAS				
Dureza usando tipo M, teste com espessura da amostra de 1270± 381 micrometro			D2240 Shore A ou Shore D	Valor mínimo de 75 A ou 40 D, o menor dos dois.
Resistência a solventes ou à água (conforme especificado)			D6943	Nenhum amolecimento. Redução de dureza máxima de 8A ou 5D, o maior dos dois.
Resistência a solvente (solvente especificado)			D471	Máximo de 10 por cento de mudança na massa / 15 por cento de variação do volume.
Resistência à tração na espessura da amostra de 1.270± 381 micrômetros (50 ± 15 mils) ou conforme especificado			D638	Tipo IV ou D412 Die C(2) Mínimo 8,3 Mpa (1200 psi)
Força de Rasgamento (Die C rasgo) a espessura da amostra de 1.270 ± 381 micrômetros (50 ± 15 mils)			D624	Mínimo 43,75 kN/m (250 pli)
Alongamento à espessura da amostra de 1270± 381 micrometers (50 ± 15 mils)			D638 Tipo IV ou D412 Tipo C	Mínimo de 100 por cento para as aplicações em substratos de concreto onde poderão ocorrer fissuramento e sobre áreas de movimento de costura em substratos de aço no mínimo 50 por cento para aplicação em substratos metálicos sólidos.
Encolhimento linear na cura			D6289, modificado	Em substratos sólidos menos de um por cento.
Resistência a abrasão			D4060	Perda de peso inferior a 250 mg (H-18 ciclos) (depende da aplicação / exposição).
Permeabilidade (espessura da amostra deve ser a mesma do revestimento aplicado para o projeto) SOMENTE SUBSTRATOS DE CONCRETO			E96	Para aplicações não imersa menos de 0.75 perms Para aplicações lmersas, menos de 0.10 perms .
Adesão (imersão ou não imersão)			D4541, Métodos D, E, ou F	Iguais ou superior a 6,8 MPa (1000 psi) nos 3 corpos de prova.
Adesão (concreto)			D7234	Média de 3 trações são iguais ou superior a 2,0 MPa (300 psi) ou com igual ou maior do que 50 por cento de falha do substrato em cada uma das três repetições.
				2 trações, cada um, igual ou maior do que 2,0 MPa (300 psi) com igual ou maior de 50 por cento de falha de substrato em cada uma das três repetições.
				1 tração igual ou superior a 1,7 MPa (250 psi) 1 tração igual ou superior a 1,7 MPa (250 psi) com igual ou maior do que 50 por cento falha substrato em cada uma das três repetições.

Fonte: VASCONCELOS, MODIFICADO, 2015, p. 54.

O sistema de impermeabilização em poliureia é extremamente flexível chegando até 500% de alongamento, pode ser aplicado com espessuras a partir de 500 μm , sem emendas no substrato e com cura de 3 segundos a 30 minutos, para trafico de pedestres e cura total cerca de 24 horas. O sistema é moldado *in loco*, facilita a execução de detalhes em conexões existentes, não necessita de proteção mecânica, por ter grande resistência abrasão e alta resistência química. Além disso, pigmentos podem ser incorporados, conferindo diversas cores ao revestimento, de forma que o sistema obterá grande produtividade se comparado a aplicações tradicionais.

Sua aplicação é feita por um sistema “hot spray” ou termoprojeção, a quente em torno de 70 °C, numa proporção de 1:1 entre os componentes isocianato e mistura de resina em altas pressões. O equipamento é ilustrado na **Figura 4** e **Figura 5** a seguir:

Figura 4 - Máquina aplicadora de poliurea a quente.



Fonte: Autor próprio.

Figura 5 - Pistola de aplicação.



Fonte: Autor próprio.

A pistola de alta pressão projeta os componentes isocianato e amina separadamente até a câmara de mistura como ilustrado na **Figura 5**, a reação química é instantânea.

O sistema de ar comprimido e temperatura deverá atender as especificações de pressão, vazão e temperatura do fabricante do equipamento de aplicação, em conjunto com o fornecedor da poliureia para atingir as especificações do projeto.

Deve ser usado Equipamento de Proteção Individual (EPI) adequado durante a manipulação dos componentes e aplicação, uma vez que as substâncias são nocivas, irritantes e sensibilizadoras da pele e vias respiratórias. Do mesmo modo, deve ser consultada a ABNT NBR 14725-4 e a Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) do fabricante do material para obter informações sobre quais os EPI e informações adicionais sobre segurança.

O preparo da superfície deve ser tal que não haja qualquer resquício de material desagregado, se houver defeitos do substrato, tais como buracos, vazios e rachaduras devem ser reparados, após os reparos devem estar sólidos e curados suficiente para a membrana de poliureia ou primer, é preciso lixar e jatear a superfície a fim de expor maior rugosidade e ficar livre de poeira, sujeira, graxas, óleos e outros contaminantes.

É recomendada a aplicação de primer a base de resina epóxi resistente a umidade respeitando o consumo de 0,3kg/m², em única camada ou múltiplas camadas, para melhor aderência do revestimento.

O revestimento não deve ser aplicado em superfícies molhadas ou úmidas, a menos que o fabricante do sistema forneça a documentação escrita que permite a aplicação nessas condições. O revestimento também não deve ser aplicado em superfícies com geada ou sobre gelo. A temperatura do substrato tem que ser superior a 3°C da temperatura do ponto de orvalho. A umidade superficial não deverá ser superior a 4% e deverá ser devidamente medida.

Segundo Vasconcelos et. al:

O controle de espessura durante a aplicação é feito por método aproximado, através do controle de consumo de material por área aplicada, ou, em poliureia de secagem mais lenta, com o uso das cartelas de medição de espessura de filme. Após a aplicação, pode-se medir a espessura extraindo-se corpos de prova, que são também utilizados para avaliar a resistência de aderência, bem como através de técnica não destrutiva, com o uso de aparelho específico para tal finalidade. (2012, p. 49).

A espessura do produto pode ser medida de acordo com as normas American Society for Testing and Materials (ASTM) D6132 (não destrutiva), ASTM D4138 (destrutivo) ou outras normas equivalentes.

As empresas executoras dos serviços devem se atentar, quanto a monitoração da temperatura ambiente e do substrato, tempo de cura dos reparos, detalhes construtivos como junta de dilatação entre outros, espessura da membrana de poliureia, equipamento e armazenamento dos materiais conforme o fabricante.

Nem todas as fórmulas químicas da poliureia são iguais, como já afirmado. Uma triagem da fórmula adequada para o tipo específico do uso do produto a ser aplicado. O fornecedor do sistema da poliureia deve ser capaz de guia-lo para o sistema desejado, bem como para os parâmetros de armazenamento dos componentes químicos e execução do produto.

3.6 Patologias

Manifestações patológicas provocadas pela infiltração d'água, devido à ausência ou falha da impermeabilização (STORTE, s.d.).

Para os autores, Helene e Figueiredo (2001, p. 18) “Patologia pode ser entendida como a 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”. Já para Carmo (2000), a patologia pode ser determinada como o campo da engenharia que estuda os sintomas, as formas de manifestação, origens e causa das doenças ou defeitos que ocorrem nas edificações.

A engenharia passou a utilizar o termo “patologia” para aprimorar os conhecimentos dos acontecimentos de diversas falhas na construção civil. A patologia na construção civil é um impasse de longa data. De acordo com Souza (1998), há sérias limitações nesta área do conhecimento, as quais, aliadas a falhas involuntárias, imperícia, deterioração, irresponsabilidades e acidentes, levam, algumas estruturas, considerando as finalidades a que se propunham, a apresentarem desempenho insatisfatório.

Segundo Helene, “ As patologias geralmente apresentam manifestações externas características, a partir das quais se pode deduzir a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos”. Ainda o autor propôs as patologias causadas por erros construtivos são classificadas em:

- Patologias construtivas ou endógenas: são aquelas provenientes de erros de projeto, materiais e execução;
- Patologias exógenas: são decorrentes de danos causados por terceiro;
- Patologias naturais: têm sua origem através de danos causados por agentes da natureza;
- Patologias funcionais: são causadas pela utilização dos usuários. (2002).

Já Vitório, menciona a falta de investimentos dos proprietários acarretando em problemas patológicos:

Estudos mostram que um elevado percentual dos problemas patológicos nas edificações é originado nas fases de planejamento e

projeto. Essas falhas são geralmente mais graves que as relacionadas à qualidade dos materiais e aos métodos construtivos. Isso se explica pela falta de investimento dos proprietários, sejam eles públicos ou privados, em projeto mais elaborados e, detalhados, fazendo com que a busca pura e simples de projeto mais “baratos” implique muitas vezes na necessidade de adaptações durante a fase de execução e futuramente em problemas de ordens funcional e estrutural. (2003, p. 25).

O **Quadro 2** abaixo apresenta os percentuais das causas das manifestações patológicas em uma edificação ainda segundo o Vitório.

Quadro 2 - Percentuais das manifestações patológicas em uma edificação.

ETAPA	%
PROJETO	40
EXECUÇÃO	28
MATERIAIS	18
USO	10
PLANEJAMENTO	4

Fonte: VITÓRIO, 2003.

4 METODOLOGIA DE TRABALHO

O trabalho foi dividido basicamente em quatro (4) etapas, abordando conceitualmente impermeabilização (I), o sistema de Poliureia (II), o estudo das obras abordadas (III) e a análise das possíveis manifestações patológicas e suas causas (IV).

Na primeira fase (I) do estudo, buscou-se por informações que pudessem auxiliar no entendimento inicial do tema a ser desenvolvido, com base numa pesquisa de conceitos básicos de impermeabilização.

Já a segunda fase (II), obteve-se a concepção do sistema de poliureia, com seus aspectos técnicos do produto e execução, e suas características do sistema. Nas fases (I) e (II), foram utilizadas como fontes principais livros, manuais técnicos dos fabricantes, dissertações, material disponível na internet e normas brasileiras e americanas. Dessa forma, foi enfatizada a importância de um projeto de impermeabilização.

Após o levantamento dos princípios da revisão bibliográfica, o estudo abordou cinco (5) obras de impermeabilização com o uso de poliureia a quente no Distrito Federal (DF), na fase (III). Assim, foram abordadas as seguintes obras:

1. Espelhos d'água do Memorial Juscelino Kubitschek (JK).
2. Espelho d'água da Associação de Poupança e Empréstimo (POUPEX).
3. Laje externa da concessionária BALI.
4. Laje externa do bloco 9 do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.
5. Sala de máquinas do reservatório de reuso d'água do empreendimento ÍON.

As visitas técnicas tiveram como auxílio uma ficha técnica elaborada pelo próprio autor, baseada no estudo da revisão bibliográfica, onde se encontra no apêndice A.

Posteriormente, na fase (IV), vão ser expostos as análises dos resultados obtidos ao longo do estudo.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

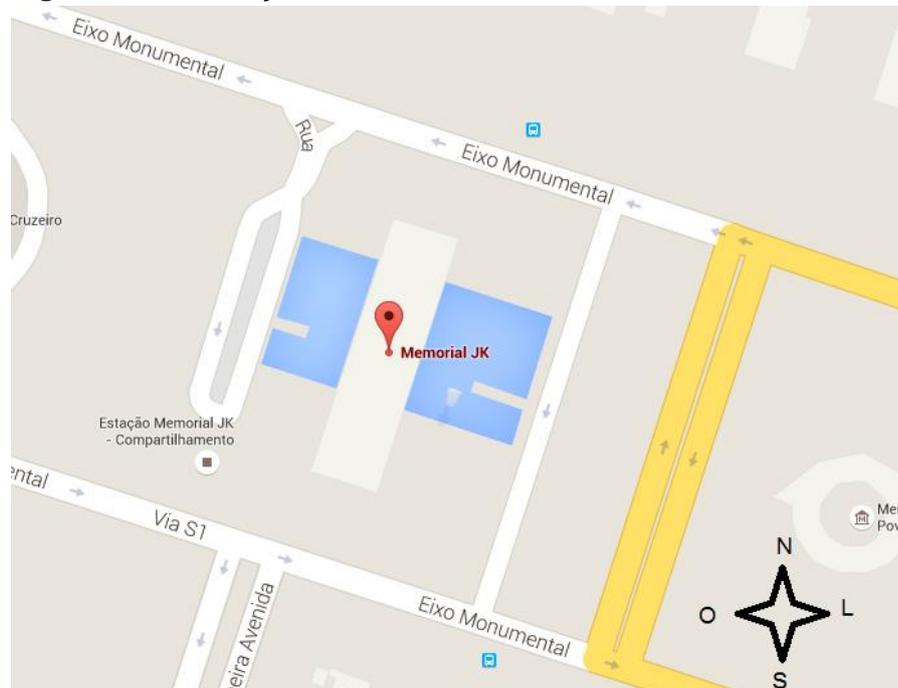
Na fase (III), não foi obtido o sucesso esperado com a ficha técnica, pois as pessoas responsáveis por tais obras não souberam responder às perguntas do questionário ilustrado no apêndice A. Para maior compreensão do sistema aplicado, foram contatadas as empresas executoras dos serviços e posteriormente os fornecedores da poliureia.

Nesta fase (IV), serão apresentados os resultados obtidos ao longo do estudo e visitas técnicas, realizadas no âmbito do sistema de impermeabilização com uso de poliureia quente no Distrito Federal (DF), de forma a verificar se estes atendem ao serviço entregue pelos executores.

5.1 Espelhos d'água do Memorial Juscelino Kubitschek (JK).

O Memorial JK foi projetado por Oscar Niemeyer, inaugurado em 12 de setembro de 1981 e dedicado ao fundador da cidade de Brasília, Juscelino Kubitschek e está localizado no Eixo Monumental, Brasília – DF.

Figura 6 - Localização do Memorial JK.



Fonte: GOOGLE MAPS, 2015.

Durante muitos anos, o Memorial teve inúmeros problemas com a impermeabilização dos espelhos d'água oeste de área, que equivale a 2.815,60 m² e leste de 2.002,35 m², com sistema de manta asfáltica. No lado leste, encontram-se 6 espelhos d'água, ao longo trabalho será trabalho como um único espelho d'água para maior compreensão, uma vez que foram executados da mesma forma e data. Após algumas tentativas de impermeabilizações com mantas asfálticas, em janeiro de 2013, foram utilizadas o sistema de poliureia híbrida a quente com uma empresa fornecedora X₁, e uma empresa aplicadora A₁.

Figura 7 - Vista posterior do Memorial JK, espelho d'água lado oeste.



Fonte: Autor próprio.

A impermeabilização utilizada foi o sistema de impermeabilização de poliureia híbrida a quente no espelho d'água oeste e leste, de "hot spray" ou termoprojeção, como o mesmo equipamento de alta pressão e pistola ilustrados anteriormente nas **Figura 4** e **Figura 5**.

A poliureia híbrida aplicada foi da composição química de um isocianato de natureza aromático e amina.

Houve a retirada da manta asfáltica existente e dos resquícios de material desagregado, seguido de reparos no substrato de concreto, como preenchimentos de orifícios e fissuras presentes, após algumas horas dos reparos, lixou-se a superfície a fim de expor maior rugosidade, sucedendo a aplicação do primer a base de resina epóxi, 24 horas depois, com o equipamento de termoprojeção, e funcionários treinados pela empresa aplicadora A₁, realizou-se a executado da poliureia híbrida com espessura de 2 milímetros sem nenhum monitoramento da temperatura e umidade do substrato. A medição da espessura de poliureia foi verificada com a retirada de copos de prova quadrados aproximadamente de 16 cm², com estiletos e medida com régua. Com a cura total de 24 horas, a poliureia aromática foi pintada com uma tinta própria para imersão em água. A pigmentação da tinta é ilustrada na **Figura 17**.

Figura 8 - Bolhas no espelho d'água lado oeste.



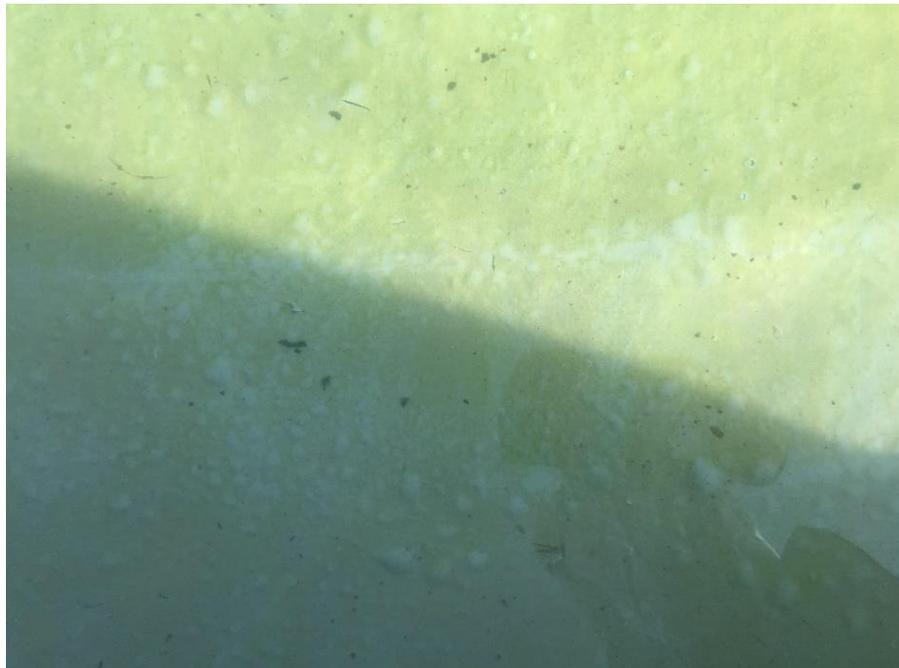
Fonte: Autor próprio.

Figura 9 – Lodo por toda extensão do espelho d'água lado oeste.



Fonte: Autor próprio.

Figura 10 - Bolhas no espelho d'água lado oeste.



Fonte: Autor próprio.

Os locais observados de grande quantidade de lodo, não houve presença de bolhas.

Figura 11 - Vista frontal do Memorial JK, espelho d'água lado leste.



Fonte: Autor próprio.

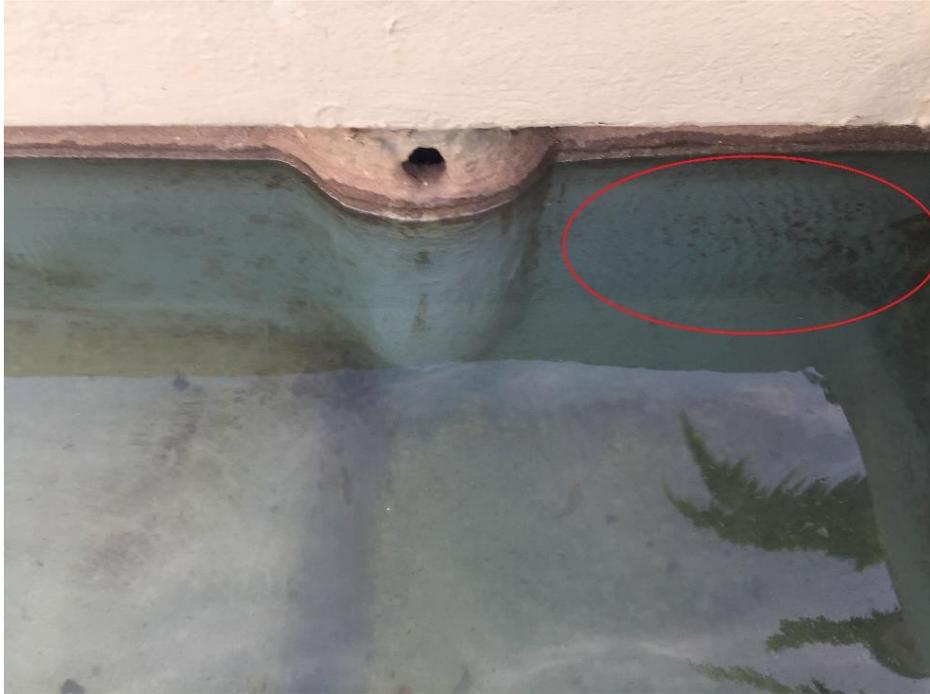
Tanto o espelho d'água oeste e leste, 2/3 deles estão sobre solo ilustrado na **Figura 7** e envoltos a um gramado com irrigado noturna.

Figura 12 – Inúmeras bolhas por toda extensão do espelho d'água lado leste.



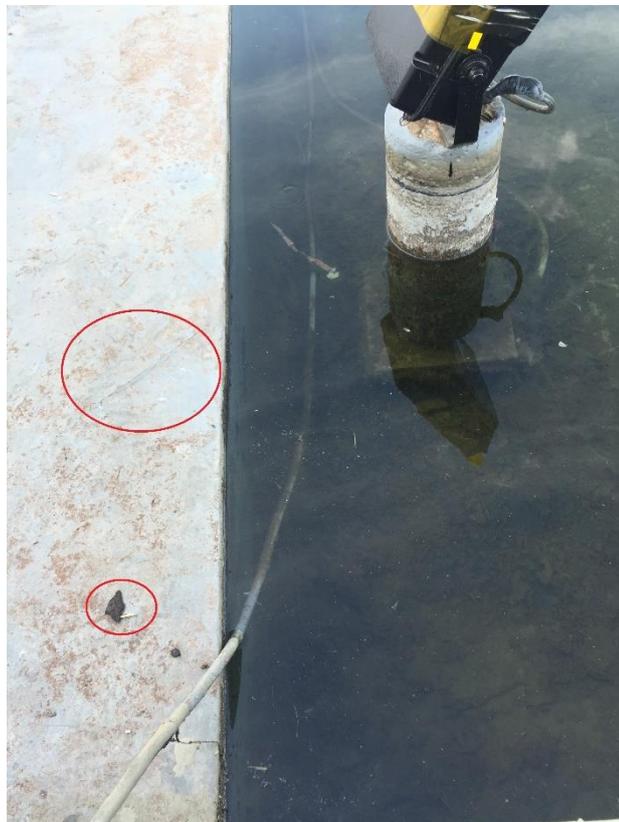
Fonte: Autor próprio.

Figura 13 – Poliureia enrugada na parede do espelho d'água lado leste.



Fonte: Autor próprio.

Figura 14 – Poliureia rasgada e grande quantidade de lodo no fundo do espelho d'água lado leste.



Fonte: Autor próprio.

A poliureia híbrida do lado leste está com inúmeras bolhas e enrugada como mostra as **Figuras 12** e **Figura 13**, já a **Figura 14** demonstra um estágio de deterioração avançado, com a poliureia híbrida rasgada e muito desgastada.

Figura 15 – Ralo de escoamento do espelho d'água lado leste.



Fonte: Autor próprio.

Figura 16 – Entrada de água para bombas.



Fonte: Autor próprio.

Figura 17 – Detalhe da coloração da tinta aplicada na membrana de poliureia híbrida.



Fonte: Autor próprio.

Enquanto um funcionário aplicava a poliureia híbrida, houve aparecimento de bolhas e, na sequência, outro funcionário cortava uma seção levemente maior que a bolha presente e reaplicava a poliureia híbrida.

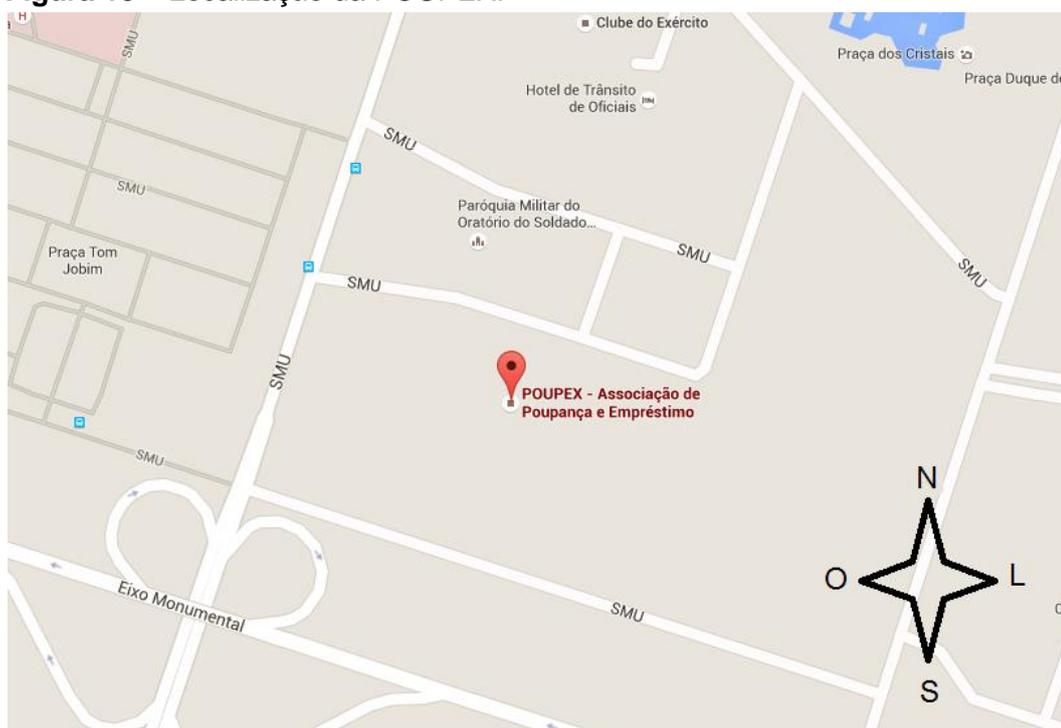
Com a visita técnica, houve a percepção de que a uma concentração maior de bolhas nas áreas sobre solo, por tanto, possivelmente a causa dessa patologia é em razão da irrigação da área verde, onde a água da irrigação penetra na grama e posteriormente no solo, e em sequência penetrando na membrana de poliureia híbrida pela pressão negativa.

Outra hipótese é a de má preparação do substrato. A empresa A₁, não tomou os devidos cuidados como, espera de cura dos reparos no substrato de 7 dias e controle tecnológicos.

5.2 Espelho d'água da Associação de Poupança e Empréstimo (POUPEX).

A POUPEX é uma instituição civil, sem fins lucrativos, criada e gerida pela Fundação Habitacional do Exército (FHE). O espelho d'água localizado no setor militar urbano (SMU) de Brasília-DF.

Figura 18 – Localização da POUPEX.



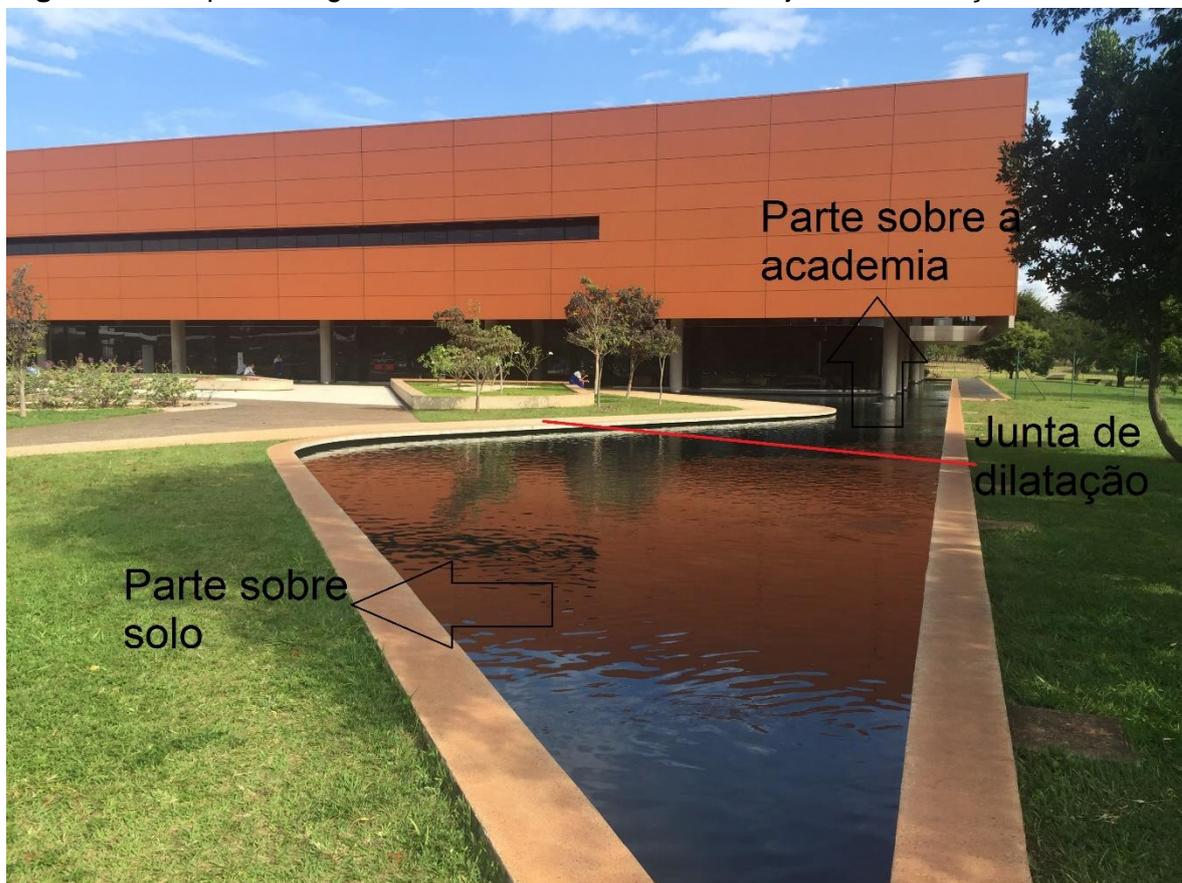
Fonte: Autor próprio.

Há 2 espelhos d'água existentes em frente o empreendimento onde o menor, de cerca de duzentos (200) m², de geometria circular, e sobre solo, e outro não geométrico de 653 m², com uma junta de dilatação, parte sobre solo e outra seção sobre uma academia no subsolo do empreendimento, como mostra a **Figura 19** abaixo. Ambos iniciados com manta asfáltica de 3 mm.

Com problemas de infiltrações na academia, optou-se para o método do sistema de impermeabilização de poliureia pura a quente, apenas no espelho d'água não geométrico.

Em 04/09/2012 iniciou-se o processo para aplicação da poliureia pura, somente no espelho d'água não geométrico, finalizado 5 dias depois em 09/09/2012.

Figura 19 – Espelho d'água sobre o solo e academia, com junta de dilatação.



Fonte: Autor próprio.

A poliureia pura é proveniente do produto resultante da reação química entre um componente isocianato e um composto de resinas terminadas em amina.

O fornecedor X_1 , e empresa aplicadora A_1 , foram os responsáveis pelo produto e execução da poliureia pura.

Com o esvaziamento do espelho d'água, houve a retirada da manta asfáltica de 3 milímetros deteriorada, teve o isolamento com lonas pretas das áreas e elementos necessários de proteção. Para o preparo da superfície de concreto, lixou-se e jateou para aumentar a rugosidade e livrar a poeira, sujeira e outros contaminantes. Sucederam-se reparos em fissuras com argamassa, após horas, foi

iniciada a execução do primer de base epóxi e posteriormente com a cura de 24 horas deu-se a aplicação da membrana de poliureia pura de 2 milímetros.

Figura 20 – Manchas na membrana de poliureia pura.



Fonte: Autor próprio.

Figura 21 – Manchas na membrana de poliureia pura, sobre o solo.



Fonte: Autor próprio.

Uma parte da membrana localizada acima da junta de dilatação está fissurada, como mostra a **Figura 20**. Manchas claras na membrana de poliureia pura, aparentemente teve reparos do substrato inadequados, ocasionando as manchas.

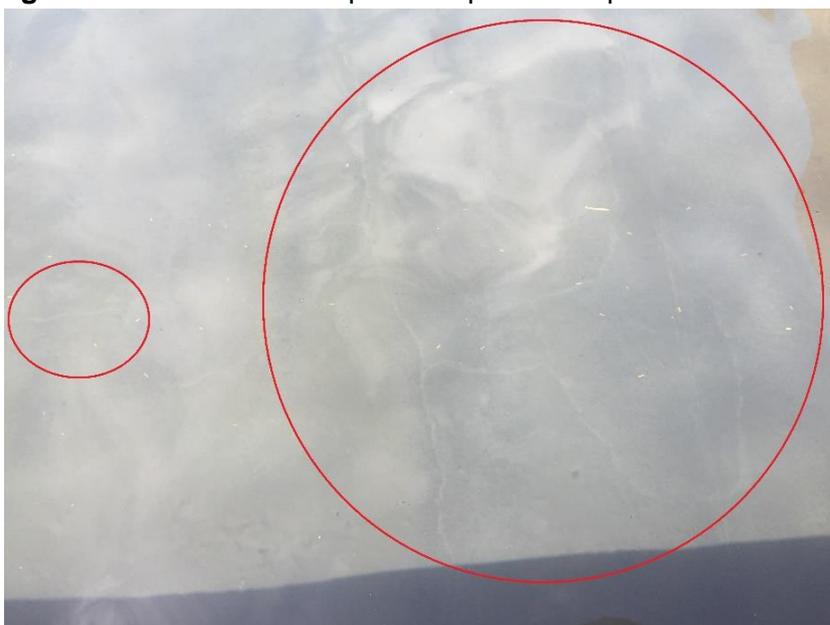
Figura 22 – Desgaste da membrana de poliureia pura, sobre a academia.



Fonte: Autor próprio.

Único desgaste observado em todo espelho d' água de poliureia pura com espessura de 2 mm. Aparentemente uma seção menos espessa, provável diagnóstico da seção má aplicação do produto e falta de inspeção de espessura.

Figura 23 – Membrana de poliureia pura acompanhando fissuras do substrato.



Fonte: Autor próprio.

Fissuras presentes perto da junta de dilatação. Possível causa de movimentação do solo e da estrutura.

Figura 24 – Bolhas na membrana de poliureia pura, sobre a academia.



Fonte: Autor próprio.

Houve o aparecimento de bolhas minutos depois da aplicação da poliureia pura quando um funcionário cortava uma seção levemente maior que a bolha presente e reaplicava a poliureia pura no local.

Evidentes os defeitos apresentador nas **Figuras** anteriores, com problemas de fissura, manchas, desgastamento e bolhas, todas causas prováveis são de mau tratamento de preparo do substrato, como não espera da cura total dos reparos, falta de monitoramento de umidade do substrato.

5.3 Laje externa da concessionária BALI.

A concessionaria localiza-se no setor de armazenagem e abastecimento norte.

A empresa executora da poliureia não se dispôs para informações sobre o fornecedor ou quaisquer procedimentos realizados na obra, porém autorizou o relato da laje em poliureia, uma vez que a concessionaria BALI autorizou-se.

O fornecedor da poliureia foi o W₃ juntamente com a empresa executora C₃. Segue uma sequência de **Figuras** do local, em 4 datas distintas.

Figura 25 – Primeira aplicação da poliureia na laje. Nov de 2011.



Fonte: Autor próprio.

Aplicação da poliureia deu-se no substrato de concreto. É visível que o substrato não foi preparado adequadamente para o recebimento da membrana de impermeabilização. Deve-se lixar a superfície para aumentar a rugosidade, e recomendável aplicação de primer a base de epóxi.

Figura 26 – Mancha de acúmulo de água. Dez de 2012.



Fonte: Autor próprio.

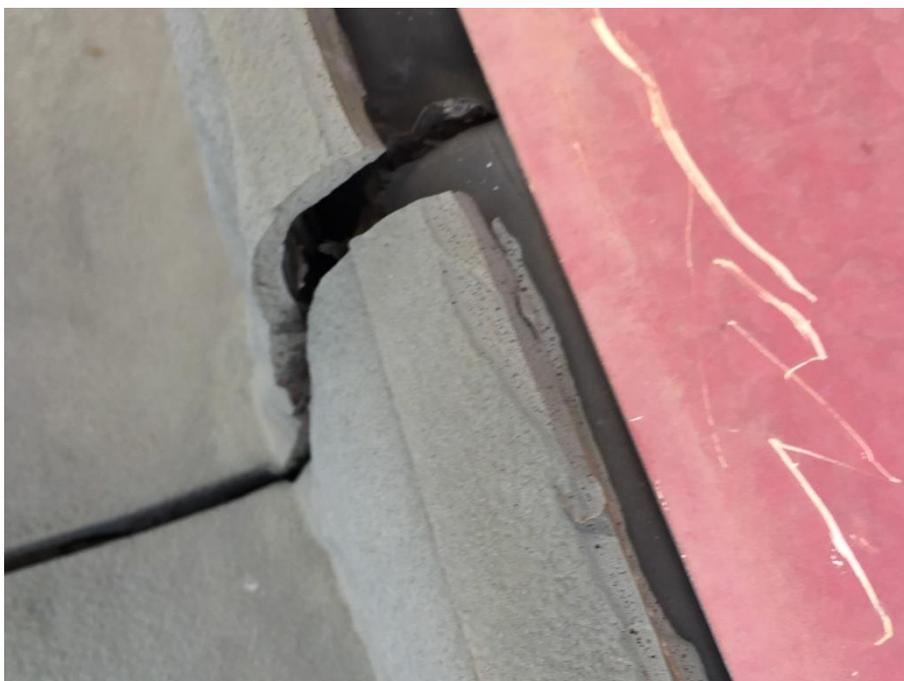
Não houve caimento escoamento de água para ralos.

Figura 27 – Bolhas na laje externa. Maio de 2016.



Fonte: Autor próprio.

Figura 28 – Camada de aproximadamente 4 mm, não aderiu a outra cama, delaminação. Maio de 2016.



Fonte: Autor próprio.

Duas camadas observadas, de diferentes espessuras e não aderidas.

Figura 29 – Delaminação e água empoçada. Fev de 2014.



Fonte: Autor próprio.

Figura 30 – Rampa de acesso de veículos.



Fonte: Autor próprio.

Figura 31 – Junta de dilatação da laje externa. Maio de 2016.



Fonte: Autor próprio.

Figura 32 – Junta de dilatação. Maio de 2016.



Fonte: Autor próprio.

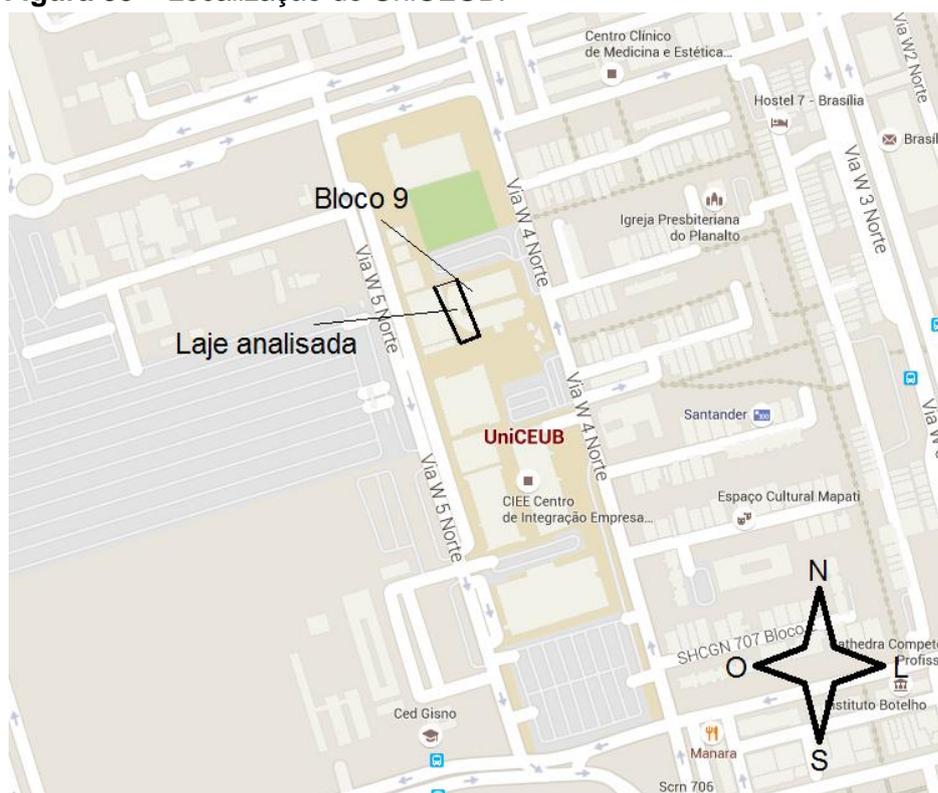
A empresa executora C₃, nitidamente não tomou cuidados básicos, como aplicação do primer, controle tecnológico, proteção mecânica para juntas de dilatação.

É de se ressaltar a infinidade de patologias encontradas na membrana da poliureia, de manchas, desgastamento, delaminações, bolhas, falta de caimento para ralos, entre outros.

5.4 Laje externa do bloco 9 do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.

A laje externa analisada foi a do bloco 9 no UniCEUB, localizado na 707/907, asa norte, Brasília-DF.

Figura 33 – Localização do UniCEUB.



Fonte: Autor próprio.

Figura 34 – Vista inferior da laje.



Fonte: Autor próprio.

Com anos de intemperismo, pelo emprego inadequado da impermeabilização e falta de caimento para ralos, ocasionou as patologias da laje da **Figura 34**.

O fornecedor da poliureia foi Y₂, juntamente com a empresa aplicadora B₂.

Em 04/05/2016 foi iniciada a aplicação da poliureia na laje de 320 m² pela empresa B₂, o tempo de trabalho foi apenas no período vespertino, das 13 horas até as 17 horas, por se tratar de uma universidade, e deve-se seguir as regras do regimento.

O término da execução foi em 05/05/2016, 24 horas depois do início da aplicação, totalizando 8 horas de aplicação da membrana de poliureia aromática.

Para o início do trabalho teve-se a retirada do piso, e antiga impermeabilização de manta asfáltica.

Para o preparo da superfície da laje, retirou-se qualquer resquício de material desagregado, teve-se reparos em vazios, fissuras e rachaduras com grout, após estarem sólidos e curados o suficiente, lixou-se e jateou a superfície a fim de expor maior rugosidade e ficar livre de poeira, sujeira e outros contaminantes. Aplicou-se

primer com base epóxi, posteriormente da sua cura de 24 horas, executou-se a membrana de poliureia de 2mm.

Figura 35 – Contrapiso iniciado.



Fonte: Autor próprio.

Com a cura de 24 horas, iniciou-se o taliscamento e depois o contrapiso. **Figura 35.**

Figura 36 – Laje externa.



Fonte: Autor próprio.

Figura 37 – Membrana de poliureia finalizada.



Fonte: Autor próprio.

Observando a **Figura 37** acima e outras presentes no tópico **5.4**, há o aparecimento de poeira sobre a poliureia aplicada, proveniente do vento.

Figura 38 – Detalhe de elementos construtivos com poliureia.



Fonte: Autor próprio.

Figura 39 – Detalhe da membrana de poliureia em pilar metálico.



Fonte: Autor próprio.

Há de se observar a poliureia aplicada em estrutura mistas nas **Figuras 38 e 39**.

Figura 40 – Lixo espalhado.



Fonte: Autor próprio.

Quantidade significativa de lixo encontrada no local. **Figura 40.**

Houve o relato de entupimento da pistola da **Figura 5**, atrasando o trabalho de aplicação da poliureia.

Com 72 horas após a aplicação da membrana de poliureia aromática, pela empresa B₂ e fornecedora Y₂, não houve quaisquer aparecimentos de manifestações patológicas no local, como bolhas, manchas, rugas, delaminações, entre outros, uma vez que o contrapiso foi finalizado.

Logo, entende-se que o procedimento de reimpermeabilização, foi bem sucedido.

5.5 Sala de máquinas do reservatório de reuso d'água do empreendimento ÍON.

O empreendimento ÍON é um centro empresarial com certificado de Alta Qualidade Ambiental (AQUA) e está em construção. Localizado no setor de grandes áreas norte 601, Brasília-DF.

Figura 41 – Sala de máquinas



Fonte: Autor próprio.

Embaixo da sala de máquina se encontra o reservatório de reuso de água do empreendimento, foram utilizados o sistema de poliureia híbrida aromática, em ambos.

O serviço foi realizado no começo de 2016, com o fornecedor da poliureia híbrida X₁, com a empresa aplicadora A₁.

Houve uma preocupação da empresa A₁, quanto a segurança dos funcionários na questão de trabalharem no reservatório de água e sala de máquinas, pois ambos ambientes são fechados e não há circulação de ar.

O preparo da base para o recebimento da membrana de poliureia híbrida, não foi diferente das outras obras realizadas pela mesma empresa executora do serviço a A₁.

A laje de concreto da sala de máquina foi lixada levemente para aumentar a rugosidade, instalados dois exaustores, por se tratar de um ambiente confinado, para fluxo de ar, aplicado primer a base de epóxi, e posteriormente a aplicação da membrana de poliureia híbrida de dois milímetros.

Figura 42 - Mancha na parede da sala de máquinas.



Fonte: Autor próprio.

Leves manchas presentes nas paredes da sala de máquinas.

Figura 43 – Parede da sala de máquinas.



Fonte: Autor próprio.

Nenhuma bolha e perda de adesão foi encontrada na sala de máquinas do reservatório com poliureia híbrida de 2 mm.

Figura 44 – Mancha clara na parede da sala de máquinas.



Fonte: Autor próprio.

Grande mancha clara na parede da sala de máquinas.

Figura 45 – Escorrimento de poliureia na parede.



Fonte: Autor próprio.

O escorrimento de poliureia híbrida na parede da sala teve como causa provável a grande quantidade de poliureia aplicada num só local de uma única vez, ocasionando diminuição da seção da membrana de onde escoou e aumento da seção da membrana no local escorrido.

Como em outras obras do fornecedor X_1 e da empresa executora do serviço A_1 , ocorreu o aparecimento de bolhas minutos depois da aplicação da poliureia híbrida aromática, um funcionário cortava uma seção levemente maior que a bolha presente e reaplicava a poliureia híbrida no local.

Sendo assim, o processo da empresa A_1 não mudou conforme as manifestações patológicas apresentadas em suas obras, os problemas persistiram.

Com 5 meses, a membrana de poliureia híbrida, exibiu apenas, manchas claras nas paredes, como mostram as **Figura 42 e 44**, não prejudicando o resultado da impermeabilização, até então.

5.6 Resumo das obras abordadas.

Tabela 4 – Resumo das obras analisadas.

Análises					
Obras:	Jk	POUPEX	ÍON	UniCeub	BALI
Fornecedor / Empresa aplicadora	X ₁ / A ₁	X ₁ / A ₁	X ₁ / A ₁	Y ₂ / B ₂	W ₃ / C ₃
Bolhas	•	•	—	—	•
Rugas	•	—	•	—	•
Fissuras	—	•	—	—	•
Delaminações	—	—	—	—	•
Manchas	—	•	•	—	•
Desgaste	•	•	—	—	•
Substrato	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto
Espessura	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm	—
Tipo	Aromática	Pura	Aromática	Aromática	—
Parte sobre solo	•	•	—	—	•
Legenda					
Confirmado	•				
Não se aplica ou não foi observado	—				

Fonte: Autor próprio.

Após análises das obras, percebe-se grande ligação entre os fornecedores e as empresas aplicadoras no resultado final da impermeabilização de poliureia quente. Só o fornecedor Y₂ juntamente com a empresa executora do serviço B₂, obtiveram resultado esperados com o emprego da impermeabilização, e foram as únicas empresas que toram os devidos cuidados com o preparo do substrato.

6 CONCLUSÃO

A impermeabilização é de fundamental importância para preservação do patrimônio, protegendo-o contra ações de agentes provenientes da água e outros fluidos, bem como de poluentes do ar que causam danos irreversíveis à armadura do concreto, às alvenarias e aos revestimentos. O sistema também protege as superfícies contra umidade, fungos e mofo. Fatores importantes para a segurança da edificação e para a integridade física do usuário.

A poliureia pura e híbrida é um revestimento de alto desempenho aderente a diversos substratos, indicado para situações críticas, aplicações que demandam velocidade de cura instantânea, isenção de solventes voláteis e resistência química ou anti abrasiva.

Entende-se que os fornecedores têm fatores determinantes no produto final ao usuário. O fornecedor tem a responsabilidade de passar a empresa executora do serviço uma folha com os requisitos de dados, definindo os meios de armazenamento do produto, EPI necessários, controle tecnológico que a empresa executora deve fazer, requisitos de equipamentos de aplicação, condições de processo de aplicação, todo o preparo do substrato ao receber a membrana de poliureia, atitudes a serem tomadas em caso de manifestações patológicas.

Em geral as obras visitadas tiveram um baixo rendimento, demonstrando inúmeras falhas em seu procedimento de execução e controle tecnológico.

Das 5 obras abordadas, 4 apresentaram o aparecimento de manifestações patológicas, como, bolhas ou manchas, o que demonstra que a nucleação da patologia se deu a partir da camada de base. As condições climáticas, atmosféricas e estado do substrato e reparos da base, são detalhes aos quais à edificação está submetida, e acaba determinando no resultado final do desempenho da impermeabilização empregada.

Deve-se atentar para o cuidado com o fornecedor do produto e para a verificação dos registros e do processo químico da poliureia.

Apesar da poliureia ser consolidado no exterior, atualmente no Distrito Federal veem apresentando muitos problemas. Uma forma de minimizar os problemas

verificados, destaca-se a importância da normatização da poliureia que entrará em vigor.

6.1 Sugestões para Pesquisas Futuras.

- Retirada de copos de prova de tais obras para análise em laboratório para testes de aderência, composição química, resistência a abrasão, alongamento e força de rasgamento.
- Refazer o estudo, em data avançada para identificar possíveis continuidade das patologias.
- Acompanhamento detalhado das empresas executoras.
- Teste de conformidade entre o produto apresentado pelo fornecedor e às finalidades a que se destina.

7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014a.

_____ **NBR 9574:** execução de impermeabilização. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____ **NBR 9575:** impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____ **NBR 14037:** diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014b.

_____ **NBR 14725-4:** informações sobre segurança, saúde e meio ambiente – Parte 4: Ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ). Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

_____ **NBR 15575-1:** edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

CARMO, P. I. O. **Gerenciamento de edificações:** proposta de metodologia para o estabelecimento de um sistema de manutenção de estruturas de concreto armado. 2000. 271 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina Maria, 2000.

FREI, Renato Guedes; Teles, Marcelo Mendes. **A importância da impermeabilização em edificações:** estudo de caso no tratamento de infiltrações em laje de subsolo. 2009. Monografia (Graduação). Engenharia civil - Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos. Barretos, 2009.

HELENE, Paulo Roberto do Lago; FIGUEREDO, Enio Pazini. **Manual de recuperação de estruturas de concreto**. Red Rehabilitar, 2001.p. 19.

HELENE, Paulo R. L. **Vida útil das estruturas de concreto**. Disponível em: <<http://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/06/185.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

PASTORI. **Comparativo entre sistema poliureia x manta asfáltica**. Duroshiel Spray Systems, 2007.

PRIMEAUX, Dudley J. II; HANSON, Lee; SCOTT, Ray V. **The True Polyurea Spray Elastomer Story**: Chemistry, Advances and Applications, Set, 2006.

SOARES, Felipe Flores. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil**. 2014. Monografia (Graduação). Engenharia civil, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

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

STORTE, M. **Seminário Impermeabilização, vedações verticais e revestimentos de fachadas. Impermeabilização: Prevenção e Proteção**. Impermeabilização como qualidade de vida, s.d.

THE SOCIETY FOR PROTECTIVE COATING, SSPC 14. Application of Thick Film Polyurea and Polyurethane Coatings to Concrete and Steel Using Plural-Component Equipment, Pittsburgh, EUA, 2013.

_____. **SSPC 45**. “Two-Component, Thick-Film Polyurea and Polyurea/Polyurethane Hybrid Coatings, Performance-Based”. Pittsburgh, EUA, 2013.

TRIPP Ishmael; MOON, Neil; BLOSSER, Catherine. **Low Pressure Applied Polyurea –The Next Generation**; Elastomer Specialties Division, 2002.

VASCONCELOS, Paulo Henrique; GRANATO, José Eduardo; CAMPIOTO, Everton; **Impermeabilização de Lajes de Estacionamento de Veículos: Blog Materiais e Materiais – LEM.** Brasília: Universidade de Brasília, 2012.

VASCONCELOS, Paulo Henrique. **Correlação entre as propriedades mecânicas de materiais impermeabilizantes a base de elastômeros de poliureia e poliuretano com o desempenho do sistema aplicação em lajes estruturais.** 2015. Dissertação (MESTRADO) – Universidade de Brasília. Brasília. 2015.

VEDACIT. Otto Baumgart. **Manual técnico de impermeabilização de estruturas.** 4° ed. Disponível em: <<http://www.vedacit.com.br>>. Acesso em: 6 abr. 2016.

VITÓRIO, Afonso. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de Engenharia.** Recife, 2003