



**Ministério da Educação  
Secretaria de Educação  
Profissional e Tecnológica**

**DIRETORIA DE ENSINO DO CAMPUS SALVADOR  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO TÉCNICO EM EDIFICAÇÕES**

**ALINE REIS SANTOS NUNES  
STEPHANIE SANTANA CRUZ  
THAÍS DOS SANTOS**

**ANÁLISE PATOLÓGICA DAS PASSARELAS DE SALVADOR-BA  
PROJETADAS PELO ARQUITETO JOSÉ FILGUEIRAS LIMA (LELÉ)**

**SALVADOR  
2023**

**ALINE REIS SANTOS NUNES  
STEPHANIE SANTANA CRUZ  
THAÍS DOS SANTOS**

**ANÁLISE PATOLÓGICA DAS PASSARELAS DE SALVADOR-BA  
PROJETADAS PELO ARQUITETO JOSÉ FILGUEIRAS LIMA (LELÉ)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao IFBA-Campus Salvador, como requisito parcial para a obtenção do grau de Técnico em Edificações.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Silva Fortes

SALVADOR  
2023

*À todos que acreditaram e nos impulsionaram até aqui.*

## **DEDICATÓRIA**

Em especial, eu Aline quero dedicar este trabalho a minha mãe já falecida Lucilene Maria cuja presença foi e continuará sendo essencial na minha vida;

Eu Stephanie dedico este TCC aos meus pais Francisco e Adriana, ao meu finado bisavô Agnelo, mesmo que não possa ver esta conquista.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos, primeiramente, à Deus por ter nos abençoado durante toda a nossa trajetória no IFBA;

Ao nosso professor orientador, Adriano Silva Fortes, pelo imenso auxílio e por ter desempenhado tal função com dedicação e amizade;

Aos amigos e familiares, por todo o apoio, pela ajuda e carinho;

Aos animais de estimação;

Aos professores, pelas correções e ensinamentos que nos permitiram apresentar um melhor desempenho nos nossos processos de formação profissional ao longo do curso;

Às pessoas com quem convivemos ao longo desses anos de curso, que nos incentivaram e que certamente tiveram impacto na nossa formação acadêmica;

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia – IFBA;

Agradecemos profundamente à nossa professora Cléa Queiroz, que nos incentivou em momentos difíceis na vida acadêmica, acreditando também em nosso potencial e no que poderíamos alcançar.

Agradecemos também aos professores da banca por contribuírem para que esse trabalho fosse concluído no prazo e a todos aqueles que não somente contribuíram diretamente e indiretamente, mas acreditaram no nosso potencial.

“A vitória está reservada para aqueles que  
estão dispostos a pagar o preço.”

Sun Tzu

Nunes, A.R.S; Cruz, S.S; Santos, T. **Análise Patológica das Passarelas de Salvador-BA Projetadas pelo Arquiteto José Filgueiras Lima (Lelé).**  
Trabalho de Conclusão de Curso, Técnico em Edificações – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – Campus Salvador, Salvador, 2023.

## **RESUMO**

As passarelas de Salvador, obtêm um acervo padronizado com elementos estruturais chamativos, foram produzidas por João Filgueiras Lima conhecido como Lelé de acordo com as avenidas da cidade, sendo esta uma composição arquitetônica leve de extenuante beleza ao ambiente de Salvador.

Ao longo do tempo, tais estruturas têm se degradado devido a exposição em ambientes específicos que retardam sua preservação, resultando assim em visíveis patologias que podem atenuar de forma gradativa no futuro à acidentes graves. Diante desse cenário, é necessário a realização de estudos e pesquisas para uma melhor compreensão sobre as causas das patologias iminentes e persistentes nas passarelas da capital baiana. Tendo em vista estas manifestações patológicas, este trabalho teve como objetivo fazer uma análise de patologias presentes nas passarelas de salvador, sendo ao todo, 15 delas elaboradas por Lelé. Apresentamos neste trabalho de conclusão de curso, gráficos com as específicas questões relacionadas ao seu processo de carbonatação, e grau de dano em evidência de acordo com o diagnóstico referente a cada manifestação patológica que se apresentou distinta em cada passarela vistoriada ao longo do trabalho de conclusão de curso.

**Palavras-chave:** Manifestações Patológicas. Vida Útil, Salvador, Durabilidade, Passarelas

Nunes, A.R.S; Cruz, S.S; Santos, T. **Pathological Analysis of the Walkways of Salvador-BA Designed by the Architect José Filgueiras Lima**. Course Completion Work – Technical Course in Buildings, Federal Institute of Education, Science and Technology of Bahia – Campus Salvador, Salvador, 2023

### **ABSTRACT**

Salvador's walkways, a standardized collection with striking structural elements, were produced by João Filgueiras Lima known as Lelé in accordance with the city's avenues, this being a light architectural composition of strenuous beauty in Salvador's environment.

Over time, such structures have degraded due to exposure to specific environments that delay their preservation, thus resulting in visible pathologies that can gradually mitigate serious accidents in the future. Given this scenario, it is necessary to carry out studies and research to better understand the causes of imminent and persistent pathologies on the catwalks in the capital of Bahia. With this problem in mind, this work aims to analyze the pathologies present on Salvador's catwalks, with a total of 15 of them being prepared by Lelé. In this course conclusion work, we will present graphs with the specific issues related to the carbonation process, and the degree of damage in evidence according to the diagnosis referring to each pathological manifestation that appears distinct in each walkway inspected throughout this conclusion work. of course.

**Keywords:** Pathological Manifestations. Useful Life, Salvador, Durability, Walkways



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Fluxograma de metodologia para o cálculo do Grau de Deterioração da Estrutura
- Figura 2 - Croquis da passarela Bonocô
- Figura 3 - Croquis das peças e montagem das passarelas
- Figura 4 - Mapa da cidade e locais visitados
- Figura 5 - Ensaio de carbonatação
- Figura 6- pacômetro
- Figura 7- Fissura nas passarelas 1
- Figura 8- Degradação das placas de piso das passarelas
- Figura 9- Corrosão nas passarelas
- Figura 10- Fungos nas passarelas
- Figura 11- Eflorescência nas passarelas

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Principais fatores que condicionam a velocidade de penetração da frente de carbonatação

Quadro 2- Classes de agressividade ambiental

Quadro 3- Inspeção Visual: Pigmentação da fenolftaleína aplicada ao concreto no Ensaio de carbonatação nas passarelas visitadas

Quadro 4- correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para tolerância de execução = 10mm

Quadro 5- Check list de apoio à inspeção visual das passarelas da Av. centenário, Imbuí, Acesso norte e Bonocô 1 e 2.

Quadro 6- Check list de apoio à inspeção visual das passarelas da Bonocô 3 e 4, Paralela, Av. Tancredo Neves e Vasco da Gama.

Quadro 7 - Famílias de elementos estruturais, danos e fatores de ponderação (Fp).

Quadro 8 - Famílias de elementos estruturais, danos e fatores de ponderação (Fp).

Quadro 9- Classificação dos danos e fatores de intensidade (Fi).

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1- Fissuras nas passarelas

Gráfico 2- Corrosões nas passarelas

Gráfico 3- Fungos nas passarelas

Gráfico 4 - Eflorescência nas passarelas

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Classificação dos danos, fator de intensidade e ponderação nos pilares das passarelas

Tabela 2- Classificação dos danos, fator de intensidade e ponderação nos pilares das passarelas

Tabela 3- classificação dos danos, fator de intensidade e ponderação nas lajes das passarelas

Tabela 4- Classificação dos danos, fator de intensidade e ponderação nas lajes das passarelas

Tabela 5- Classificação dos danos, fator de intensidade e ponderação em elementos arquitetônicos presentes nas passarelas

Quadro 6- Classificação dos danos, fator de intensidade e ponderação em elementos arquitetônicos presentes nas passarelas

Tabela 7- Classificação dos danos, fator de intensidade e ponderação em vigas nas passarelas

Tabela 8- Classificação dos danos, fator de intensidade e ponderação em vigas nas passarelas

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	American Society For Testing And Materials
FAEC	Fábrica de Equipamentos Comunitários
NBR	Norma Brasileira
Fp	Fator de ponderação de dano
Fi	Fator de intensidade do dano
D	Grau do dano

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	16
2.1.1 Vida útil.....	18
2.1.2 Desempenho.....	19
2.1.3 Durabilidade.....	19
2.1.4 Manutenção.....	19
2.2 ARGAMASSA ARMADA.....	20
2.2.1 Estruturas de argamassa armada.....	20
<b>3 APRESENTAÇÃO DAS PASSARELAS .....</b>	<b>20</b>
3.1 PROJETOS.....	21
3.2 LOCALIZAÇÃO DAS PASSARELAS ANALISADAS.....	22
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
4.1 ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS.....	24
4.2 ENSAIOS DE CARBONATAÇÃO.....	24
4.3 ENSAIOS DE PACOMETRIA.....	24
4.4 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO.....	24
<b>5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....</b>	<b>25</b>
5.1 ANAMNESE.....	25
5.1 ENSAIOS DE CARBONATAÇÃO.....	27
5.3 ENSAIOS DE PACOMETRIA.....	30
5.2 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NAS PASSARELAS.....	32
5.2.1 Fissuras.....	32
5.2.2 Corrosão.....	34
5.2.3 Fungos.....	37
5.2.4 Eflorescência.....	39
5.4 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO.....	40
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As passarelas para pedestres são consideradas uma categoria especial dentro da engenharia civil, devido à sua significativa importância como ferramenta essencial para o uso da população. As passarelas são elementos estruturais importantes em muitas cidades, usadas para permitir que pedestres cruzem ruas, avenidas, rios, entre outros obstáculos. Essas estruturas estão constantemente sujeitas a vários tipos de cargas, como movimentação dos pedestres, ações ambientais como vento, chuva e temperatura, além do desgaste natural decorrente do uso ao longo do tempo. Em consequência disso, as passarelas podem apresentar manifestações patológicas, sendo problemas que afetam a sua integridade estrutural e podem comprometer a segurança de quem precisa delas durante o seu dia - a - dia.

As manifestações patológicas mais recorrentes nas passarelas e de fácil reconhecimento são reconhecidas como trincas, fissuras e rachaduras que são observadas em vigas, pilares, lajes, pisos, dentre outros elementos, e que são geralmente causadas por tensões nos materiais ou mau uso dos próprios pedestres. Existem outros fatores que podem ocasionar as patologias como a deformação, ou seja, qualquer mudança na configuração geométrica de um determinado corpo que tem como a sua causa uma variação da sua forma ou das suas dimensões após ser aplicado uma ação externa, temos a fadiga com o explica a norma ASTM (American Society for Testing and Materials): " um processo progressivo e localizado de modificações estruturais permanentes ocorridas num material submetido a condições que produzam tensões e deformações cíclicas que podem culminar em trincas ou fratura após um certo número de ciclos"; e por último a corrosão, sendo um fenômeno natural que proporciona a deterioração de um material geralmente metálico, de acordo com Pontes (2006), a corrosão da armadura em estruturas de concreto armado resulta em uma significativa redução de sua vida útil, já que esse processo deteriorativo tem impacto direto na durabilidade da estrutura, além de comprometer sua estabilidade e funcionalidade na edificação. Dentre várias condições adversas que podem prejudicar a capacidade de uma passarela em

suportar as cargas a que está submetida, essas condições podem representar um perigo para os usuários e aumentar o risco de colapso da estrutura. Diante desse cenário, este trabalho realizou estudos e pesquisas para uma melhor compreensão sobre as causas das manifestações iminentes e persistentes nas passarelas da capital baiana. Desse modo, buscamos analisar manifestações patológicas presentes nas passarelas de Salvador que foram projetadas em meados dos anos 1980 por João da Gama Filgueiras Lima, também conhecido como Lelé, que foi um arquiteto brasileiro conhecido pelos projetos desenvolvidos junto à Rede Sarah de hospitais. A maioria de suas obras encontra-se nos estados da região Nordeste do país e em Brasília, cuja construção acompanhou.

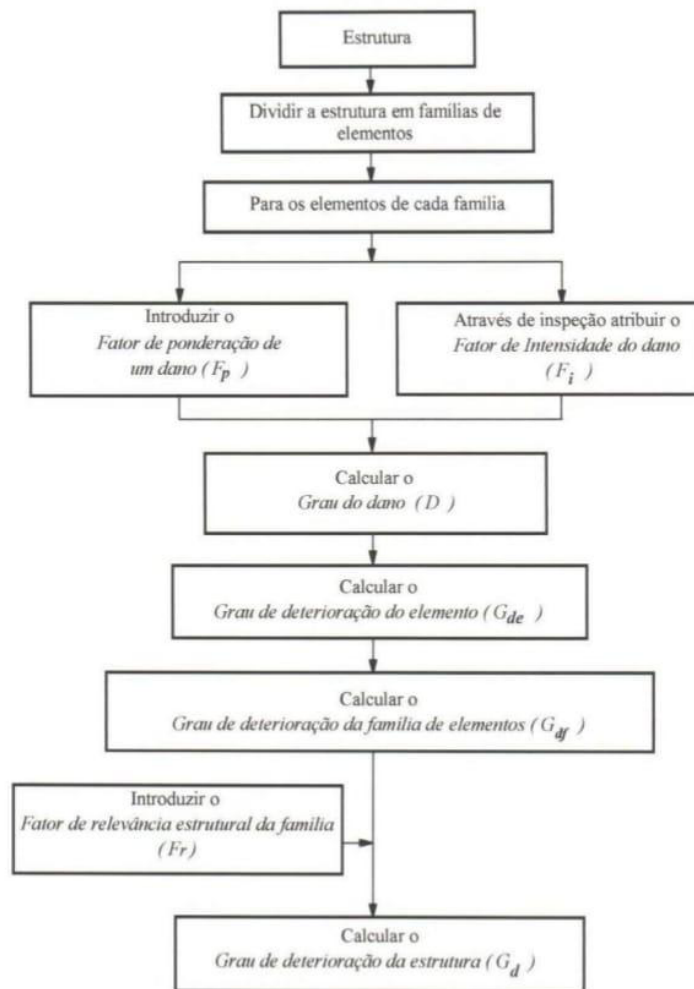
O projeto implantado em Salvador, visava a construção de passarelas dotadas de coberturas nas principais avenidas de vale, em meados dos anos 1980. Assim, o objetivo era fazer o pedestre caminhar por dentro de uma viga metálica formada de peças extremamente delgadas, a uso da argamassa armada com sua espessura mínima para as peças pré-moldadas do piso e do teto, que além de ser abobadado era colorido e com o desenho dos pilares de concreto em formato de cogumelo. Lelé desenvolveu um desenho para o sistema de passarelas cuja capacidade adaptativa era bastante distinta dos sistemas anteriormente desenvolvidos pela Fábrica de Equipamentos Comunitários (FAEC), (Kon).

Esse trabalho teve como objetivo identificar os fatores que influenciam na deterioração dessas estruturas, analisando e classificando as patologias presentes nas passarelas, comparando as passarelas que estão em estado de bom uso com as que precisam de melhorias. Para atingir o objetivo proposto neste projeto, fez-se uma revisão de literatura sobre os temas envolvidos, além de visitas técnicas ao local de estudo. Foram desenvolvidas metodologias necessárias para que possamos demonstrar os fatores de deterioração das passarelas, como: Levantamento bibliográfico; Levantamento documental; Vistorias técnicas e análises de deterioração; Entrevistas; Coleta de dados e elaboração de gráficos e tabelas; construção de tabelas e gráficos, ademais, também foi utilizada a metodologia baseada na de Castro (1994), que foi desenvolvida em sua dissertação de mestrado pela Universidade de Brasília - UNB, que é derivada da metodologia de KLEIN et al (1991). Foi utilizada como base e foram realizadas modificações em algumas partes para que ela se adapte ao nosso estudo de caso. Ela consiste em um fluxograma onde se separa as vistorias por cada família de elementos e logo após isso é feito



um check-list para as vistorias nas passarelas onde transformaremos em um gráfico como mostra a figura abaixo:

**Figura 1-** Fluxograma de metodologia para o cálculo do Grau de Deterioração da Estrutura



**Fonte:** Castro (1994)

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Manifestações patológicas são problemas, defeitos ou anomalias que afetam a qualidade, segurança, durabilidade e desempenho das edificações e estruturas construídas. Essas manifestações podem ocorrer em diferentes estágios da vida útil de uma construção e são consequência de diversos fatores, incluindo erros de

projeto, falhas na execução, uso inadequado de materiais, falta de manutenção, ação de agentes externos (como intempéries e corrosão), entre outros. Podendo ser classificado como do simples ou complexo. De acordo com RIPPER (1988, p. 14):

Os problemas patológicos simples são os que admitem padronização, podendo ser resolvidos sem que o profissional responsável tenha obrigatoriamente conhecimentos altamente especializados. Já os problemas patológicos complexos não convivem com mecanismos de inspeção convencionais e esquemas rotineiros de manutenção, obrigando a uma análise pormenorizada e individualizada do problema, sendo então necessários profundos conhecimentos das estruturas.

O termo manifestação patológica é diferente de patologia segundo SILVA (2011) 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". Desse modo, a manifestação patológica seria sinal ou sintomas na patologia. Fissuras, trincas e rachaduras são manifestações patológicas mais comuns em edificações, geralmente causadas por tensões dos materiais. Segundo Silva (2011):

Uma fissura não deve ser definida como uma patologia, mas sim como uma manifestação, pois o mecanismo de degradação (doença) pode ser uma flecha excessiva, um recalque de fundação, uma reação álcali-agregada, por exemplo.

Dessa forma, a terapia (medidas para corrigir o problema) deve ser receitada para corrigir as causas do problema e não dos sintomas. Elas podem ser diferenciadas conforme sua espessura, desse modo essas anomalias: fissuras, trincas e rachaduras apresentam respectivamente aberturas em mm de até 0,5, de 0,5 a 1,5 e 1,5 a 5,0. Como as fissuras são manifestação patológica mais comum em edificações, assim, sua ocorrência pode interferir tanto na aparência física como, essencialmente, na proteção da estrutura e sua durabilidade. As ocorrências podem ser desenvolvidas através de fatores externos e internos. Os fatores externos são os que as estruturas são submetidas como manifestações térmicas, sobrecargas, deformação no concreto armado e recalques diferenciais. Já os fatores internos estão ligados a retração dos produtos à base de cimento e as alterações químicas dos materiais de construção, ou seja, como foi desenvolvido aquela estrutura e se foi adequadamente construído sem nenhuma interferência.

Alguns exemplos de manifestações patológicas incluem:

1. Umidade e infiltrações: Infiltrações de água que podem danificar revestimentos, causar mofo, apodrecimento de materiais, enfraquecimento da estrutura e problemas de saúde.
2. Descolamento de revestimentos: O desprendimento de azulejos, cerâmicas, pintura, ou outros revestimentos devido a problemas de aderência ou movimentação da estrutura.
3. Degradação de materiais: O envelhecimento, desgaste ou deterioração de materiais de construção, como madeira, concreto, aço, etc., que afeta a resistência e durabilidade da estrutura.
4. Instabilidade geotécnica: Problemas relacionados com o solo, como afundamento do terreno, erosão, deslizamentos de terra, que podem comprometer a estabilidade de edificações.
5. Problemas de isolamento térmico e acústico: Inadequações no isolamento térmico ou acústico das construções, causando desconforto aos ocupantes.
6. Problemas de fundação: Falhas na fundação da construção que podem resultar em recalques excessivos, trincas e desníveis.
7. Deterioração de fachadas: Problemas estéticos e estruturais em fachadas de edifícios, como desprendimento de revestimentos, infiltrações e mofo.

### **2.1.1 Vida útil**

A definição de vida útil segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2013) " é o período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, com atendimento dos níveis de desempenho". ou seja, podemos considerar que o desempenho que uma edificação ou material efetua sendo comportamento em serviço no decorrer da sua vida útil. A norma também explica que existem fatores que podem interferir na vida útil do edifício como: mudanças no entorno da obra ao longo do tempo (trânsito de veículos, obras de infraestrutura, expansão urbana etc.), correto emprego da edificação e alterações climáticas. esses fatores também interferem na vida útil do projeto, das características dos materiais e da qualidade da construção como um todo.

### **2.1.2 Desempenho**

Conforme Souza e Ripper (2001), o desempenho é o comportamento de cada produto ao longo de sua vida útil, refletindo a qualidade do trabalho nas fases de projeto, construção e manutenção.

### **2.1.3 Durabilidade**

Segundo a norma 15575-1 (2013) define durabilidade como “capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas no manual de uso, operação e manutenção”

### **2.1.4 Manutenção**

Manutenção é o ato de realizar a conservação ou recuperação da capacidade funcional da edificação tendo em vista às necessidades e segurança dos seus usuários, ou seja, entende que a manutenção é necessária para assegurar um desempenho satisfatório no decorrer do tempo. Tendo como objetivo o crescimento da vida útil de uma estrutura. Segundo a norma 5674 "a manutenção de uma edificação visa preservar ou recuperar as condições ambientais adequadas ao uso previsto para as edificações". Desse modo, leva à conclusão de que a manutenção não é aplicada para modificar ou alterar a estrutura de uma edificação e sim para não haver uma perda no desempenho decorrente da exposição que aquela edificação é sujeita, assim, são realizados serviços para prevenir ou corrigir esses danos. Sendo necessário observar qual o tipo de uso da edificação, o seu tamanho e o seu entorno, pois esses fatores podem interferir na frequência que uma estrutura necessita para realizar a manutenção.

## **2.2 ARGAMASSA ARMADA**

Conforme Hanai, a argamassa armada é um material que pode ser compreendido como uma variante específica do concreto armado, constituída por uma armadura fina e subdividida, distribuída em uma mistura de argamassa composta por cimento e areia.

O concreto armado é um sistema estrutural, que é construída com peças de aço, combinando assim seus aspectos para resistir aos esforços de tração e ganhar resistência estrutural, paralelamente, a argamassa armada é um tipo de concreto armado porém é composto de matérias com menor espessura, ou seja, a armação de aço utilizada apresentam fios de diâmetros reduzidos usada uma armação de aço com fios de pequeno diâmetro.

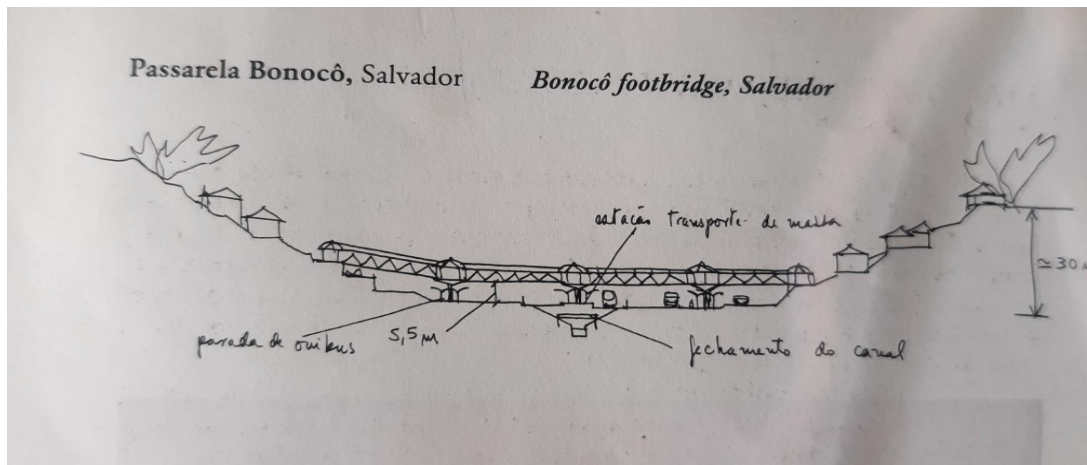
### **2.2.1 Estruturas de argamassa armada**

As estruturas de argamassa armada são elementos construtivos compostos por argamassa (uma mistura de cimento, areia e água) reforçada com elementos de armadura, geralmente em forma de telas metálicas, malhas ou treliças. Essas armaduras são incorporadas à argamassa para conferir maior resistência e durabilidade à estrutura. As estruturas de argamassa armada são utilizadas em construções para diversos fins, incluindo: Elementos de Fachada; Reforço e Reparo de Estruturas; Construção de Elementos Arquitetônicos entre outros.

## **3 APRESENTAÇÃO DAS PASSARELAS ESTUDADAS**

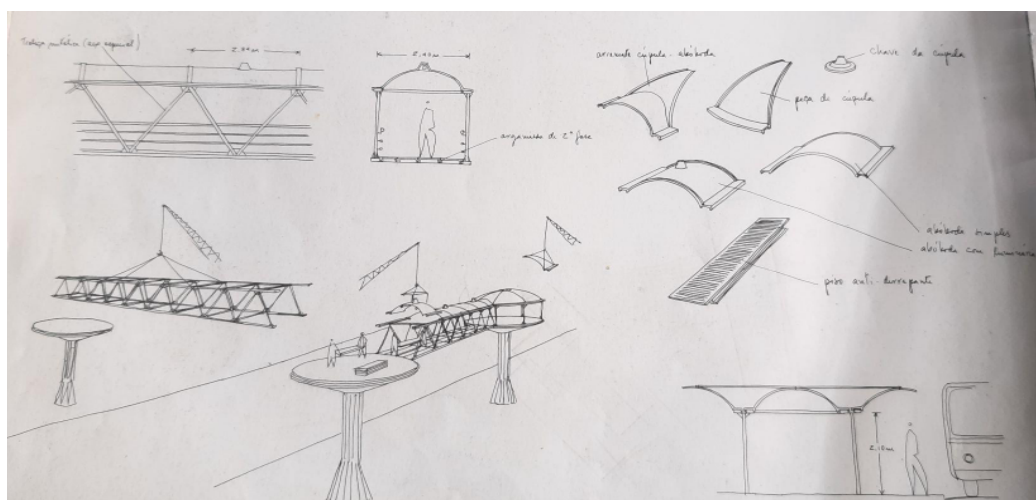
Em Salvador as passarelas desempenham um papel fundamental e vital na conectividade urbana e na segurança de seus usuários. As passarelas analisadas neste trabalho representam uma grande parcela das passarelas feitas por Lelé, na capital baiana, onde vemos uma grande concentração de avenidas e uma grande concentração dessas ferramentas de conectividade. Cada passarela analisada apresenta desafios únicos pelos fatores de seus projetos, execuções e localizações.

**Figura 2 – Croquis da passarela Bonocô**



**Fonte:** A arquitetura de Lelé: fábrica e invenção (2011)

**Figura 3 – Croquis das peças e montagem das passarelas**



**Fonte:** João Filgueira Lima Lelé (2000)

### 3.1 PROJETOS

Os projetos das passarelas de Salvador não puderam ser incluídos no TCC, pois são executivos da DESAL. Entretanto, a DESAL permitiu visitas para ter acesso a esses materiais, como os projetos, fabricação das peças e montagem.

Problemas com patologia geralmente surgem na fase inicial do planejamento e elaboração do projeto, tornando a correção nessa etapa mais complicada e dispendiosa. Alguns contratemplos comuns envolvem a escolha inadequada dos

elementos do projeto, falta de alinhamento entre a estrutura, arquitetura e outros detalhes, descrição incorreta dos materiais, falta ou inadequação de detalhes na construção, ausência de padrões nas representações e erros no dimensionamento.

Obtivemos informações cruciais sobre as passarelas por meio dos projetos e profissionais da DESAL:

Para vencer grandes vãos, as estruturas das passarelas foram cuidadosamente projetadas com elementos leves, especificamente dimensionados e construídos com ASTM 242, um aço patinável altamente resistente à corrosão, protegido por camadas que retardam o processo. Vale ressaltar que, dada a inevitável salinidade em Salvador, isso é um desafio constante na construção, algo que não pode ser evitado de forma definitiva. A maioria delas tem mais de 40 anos, explicando por que estão carbonatadas.

Quanto ao piso e cobertura, utilizou-se argamassa armada, com o piso formado por uma malha eletrosoldada nas nervuras, com 20mm de espessura. Seu desgaste, decorrente do atrito causado pela passagem diária de pessoas, é facilmente substituído, sendo uma vantagem a simplicidade na execução da troca.

O piso possui 2142 mm, com um rejuntamento que torna difícil a ocorrência de fissuras. Os rufos metálicos no teto apresentam um afastamento de 2mm com base epóxi. Todos os elementos, desde a treliça até a solda, são produzidos nas instalações da DESAL.

### **3.2 LOCALIZAÇÃO DAS PASSARELAS ANALISADAS**

As passarelas que foram objeto de análise neste estudo estão situadas na cidade de Salvador. Foram visitadas 13 passarelas, de forma mais precisa, nas avenidas Paralela; Vasco da gama; Bonocô; Centenário; Antônio Carlos Magalhães; Iguatemi e nos bairros Saramandaia e Barris, das quais estão sinalizadas no mapa de mobilidade das passarelas em Salvador.

**Figura 4 – Mapa da cidade e locais visitados**



**Fonte:** Prefeitura de Salvador (2016).

Durante as visitas às passarelas, registramos e fotografamos as manifestações patológicas identificadas, exceto aquelas localizadas nas coberturas, devido à sua inacessibilidade. Além disso, avaliamos o grau de avanço das manifestações em cada passarela. A partir das fotografias tiradas e das observações feitas no local, conduzimos um estudo do ambiente em que cada passarela está inserida. Utilizando informações da bibliografia especializada, elaboramos um diagnóstico detalhado para cada manifestação identificada.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS**

Os ensaios não destrutivos abordam uma metodologia de execução minuciosa na estrutura, buscando de forma cuidadosa, a integridade da edificação sem causar algum tipo de dano, seja este superficial, ou severo para a elaboração de resultados, sendo empregados ensaios que evitem destruição, garantindo a qualidade e segurança das estruturas examinadas.



## 4.2 ENSAIOS DE CARBONATAÇÃO

Segundo Possan (2004) a carbonatação é um processo físico-químico, que resulta na interação dos gases ácidos do meio ambiente com os produtos alcalinos do concreto. Portanto, os ensaios de carbonatação, são um procedimento que fazem o uso da fenolftaleína e álcool etílico para sua execução, avaliando o estado do concreto mediante ao processo físico-químico de carbonatação que pode degradar a estrutura com o tempo comprometendo sua durabilidade, sendo este ensaio realizado para determinar a profundidade do processo de carbonatação penetrado na matriz do concreto.

Para a percepção de um concreto em bom estado de conservação, que não tenha sido afetado pelo processo de redução de alcalinidade através do dióxido de carbono, seu Ph deve apresentar um valor de 11,5 ou acima de 9 representando uma tonalidade roxa, demonstrando que o aço e o concreto encontram-se protegidos e em bom estado. Se após a utilização da fenolftaleína, for apresentado tonalidade incolor ou um lilás fraco, pode significar um estado nocivo em que o aço e o concreto já se encontram em um processo de carbonatação com um ph abaixo do padrão.

**Figura 5** - Ensaio de carbonatação



Fonte: Aguiar (2019).

### **4.3 ENSAIOS DE PACOMETRIA**

O ensaio de pacometria tem como objetivo encontrar materiais construtivos presentes na estrutura que não estão visíveis, como exemplo do interior de paredes ou lajes, sendo comumente utilizado para identificar barras de aço presentes e seu diâmetro.

Além de ser utilizado para a análise de elementos estruturais, o ensaio de pacometria auxilia em ensaios que visam identificar o potencial de corrosão ou profundidade de carbonatação na estrutura.

### **4.4 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO**

A determinação do grau de deterioração, se baseia na metodologia de Castro (1994) elaborada em sua dissertação de mestrado pela Universidade de Brasília - UnB, originada da metodologia de Klein et al (1991).

Esta análise aborda o fluxograma da figura 1, que define minuciosamente os passos definidos para calcular o grau de dano (D) dividindo a estrutura em famílias, demonstradas nos quadros 7 e 8, desenvolvendo logo após o fator de intensidade( $F_i$ ) definido em uma escala de gravidade de 1 à 5, e o fator de ponderação de dano ( $F_p$ ) definido em uma escala de 1 à 10, para logo após calcular o grau de dano (D) prosseguindo com as respectivas etapas de cálculo do grau de deterioração do elemento (Gde), grau de deterioração da família de elementos(Gdf), introduzindo o fator de relevância estrutural da família( $F_r$ ) para a determinação do grau de deterioração.

Diante disso, visamos apenas fazer o uso desta metodologia entre as etapas de identificação do  $F_i$  e  $F_p$ , desprezando o grau de dano (D) para determinar apenas o enfoque à análise patológica, abstendo-se dos processos de definição do cálculo do grau de deterioração no fluxograma de Castro.

## **5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS**

O levantamento efetuado nas passarelas teve como propósito a análise das

patologias frequentes e a avaliação do nível de deterioração dos elementos. O foco dessa investigação concentrou-se nas manifestações patológicas que surgem ao longo do tempo, decorrentes do tráfego, das condições climáticas adversas, da execução inadequada do projeto, da deficiência de materiais e de quaisquer outros fatores que possam propiciar o surgimento de possíveis patologias.

## **5.1 ANAMNESE**

A anamnese nas passarelas funcionou da seguinte forma:

### **1. Identificação da Passarela:**

- Localização específica (endereço, coordenadas geográficas).
- Tipo de passarela (pedestres, ciclistas, mista).
- Data de construção e eventuais reformas.

### **2. Histórico e Uso:**

- Razão para a construção da passarela.
- Usos previstos e reais ao longo do tempo.
- Eventos especiais ou atividades que geram aumento de carga.

### **3. Projeto Estrutural e Arquitetônico:**

- Detalhes do projeto original.
- Materiais utilizados na construção.
- Responsáveis pelo projeto e construção.

### **4. Inspeção Visual:**

- Observação de possíveis danos visíveis (fissuras, corrosão, deformações).
- Estado aparente da superfície (pintura, revestimento).

### **5. Carga e Uso Atual:**

- Avaliação da carga suportada pela passarela.
- Entendimento do padrão de uso atual (volume de pedestres, ciclistas).

6. Condições Ambientais:

- Análise do ambiente ao redor (exposição à água salgada, poluição atmosférica).
- Clima predominante na região.

7. Documentação Técnica:

- Revisão de documentos disponíveis (projetos, laudos anteriores, registros de manutenção).

8. Histórico de Manutenção:

- Registros de manutenção preventiva e corretiva.
- Descrição de eventuais incidentes e reparos anteriores.

9. Ensaio e Testes:

- Ensaio laboratorial para avaliação dos materiais.
- Testes de carga para verificar a resistência estrutural.

10. Acessibilidade:

- Verificação da conformidade com normas de acessibilidade.
- Adequação para pessoas com mobilidade reduzida.

11. Riscos Identificados:

- Levantamento de potenciais riscos à segurança.
- Análise de situações críticas observadas.

12. Recomendações e Medidas Corretivas:

- Sugestões para melhorias e correções.
- Planejamento de ações preventivas.

## **5.2 ENSAIOS DE CARBONATAÇÃO**

Diante deste cenário, e das informações apresentadas, foram executados ensaios de carbonatação, tendo em vista este fato; a concentração de CO<sub>2</sub> está

diretamente relacionada com a velocidade do processo de carbonatação na atmosfera, e do ambiente no qual a estrutura se encontra, dependendo da facilidade que o CO<sub>2</sub> tiver para adentrar ao interior do concreto. Kazmierczak (1995) detalha principais fatores condicionantes para a velocidade de difusão ao interior do concreto, conforme o quadro abaixo:

**Quadro 1-** Principais fatores que condicionam a velocidade de penetração da frente de carbonatação

Fatores Condicionantes		Características Influenciadas
Condições de Exposição	Concentração de CO <sub>2</sub>	Mecanismo físico-químico
		Velocidade de Carbonatação
	Umidade Relativa do Ar	Grau de saturação dos Poros
	Temperatura	Velocidade de Carbonatação
Características do Concreto	Composição química do cimento: - Característica do clínquer - Teor de adições	Porosidade da pasta carbonatada
		Reserva alcalina
	Traço	Porosidade
	Qualidade de execução - Defeitos - Cuidados com a cura	Porosidade
		Grau de hidratação

**Fonte:** Kazmierczak (1995)

Seguidamente disso, a NBR 6118:2014 classifica a agressividade ambiental de locais provenientes de CO<sub>2</sub> e inúmeros fatores possíveis como fumaça de automóveis, urina, e diversos que influenciam neste processo, de acordo com classes específicas. Segue a figura 8 abaixo:

**Quadro 2-** Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Frac	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana <sup>a, b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup>	Grande
		Industrial <sup>a, b</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>a, c</sup>	Elevado
		Respingos de maré	

**Fonte:** NBR 6118 (2023)

Em Salvador, as passarelas projetadas por Lelé consistem em um sistema estrutural simples de treliças metálicas, construídas com aço de alta resistência à oxidação para enfrentar a salinidade do ambiente. Embora o risco de deterioração das estruturas devido à agressividade ambiental seja geralmente baixo em áreas urbanas, ele nunca é completamente nulo. Portanto, conduzimos ensaios de carbonatação em 11 passarelas, sendo que as duas últimas não foram acessíveis devido à falta de segurança no local. A análise das passarelas e sua reação ao dióxido de carbono ambiental foi realizada ao longo do tempo, resultando em uma média representativa do comportamento dessas estruturas.

Em maior parte das passarelas visitadas, 5 possuem uma classe de agressividade ambiental de nível III, por se encontrarem em ambiente urbano tendo um risco de deterioração da estrutura maior, como ressaltado anteriormente. Com isso, 4 passarelas em destaque: Av. Centenário, Av. Antônio Carlos Magalhães, Av. Octávio Mangabeira possuem um risco elevado devido a sua localização em ambiente de grande salinidade com proximidade às praias de Salvador, na tabela 1 representamos em uma tabela, os resultados apresentados durante o ensaio e a inspeção das passarelas de forma simplificada:

**Quadro 3-** Inspeção Visual: pigmentação da fenolftaleína aplicada ao concreto no Ensaio de carbonatação nas passarelas visitadas

PASSARELAS COM ENSAIOS EXECUTADOS	TONALIDADE INCOLOR COM PH ABAIXO DE 11,5	COLORAÇÃO LILÁS OU ROXA COM PH ACIMA DE 12,5
IMBUÍ	X	
AV. CENTENÁRIO	X	
ACESSO NORTE	X	
BONOCÔ(4 PRÓXIMAS)	X	
ESTAÇÃO FLAMBOYANT	X	
PARALELA	X	
AV. ANTÔNIO MAGALHÃES	X	
VASCO DA GAMA	X	
SARAMANDAIA	X	
AV.ANTÔNIO CARLOS MAGALHÃES	X	

**Fonte:** Autoras 2023.

Observando uma média padrão através dos resultados apresentados durante os ensaios, obtemos um grande percentual de passarelas que se encontram em um possível processo de corrosão, ressaltando principalmente as passarelas abordadas anteriormente com índice alto de salinidade devido ao ambiente em que se localizam e que juntamente com todas, levando em contribuição o processo de deterioração devido ao tempo, por serem elaboradas e construídas em 1988, permanecem há mais de 30 anos em Salvador, sem uma análise aprofundada se não por leves restaurações em algumas passarelas, como troca de piso ou renovação da pintura. Analisando com maior profundidade é notável seu possível processo de degradação internamente apresentando patologias e problemas de corrosão observado durante as visitas para ensaios e analisando no gráfico abaixo que toma como média, a porcentagem de passarelas que já se encontram neste processo investigado.

### **5.3 ENSAIOS DE PACOMETRIA**

Através dos ensaios de carbonatação observamos os resultados apresentados diante do avançado estado de consumo do CO<sub>2</sub> na estrutura por inúmeras causas pautadas anteriormente como: urina no ambiente, excesso de gás carbônico presente no trânsito de automóveis na região e principalmente: a maresia ou salinidade de Salvador que atualmente afeta inúmeras construções na engenharia, levantando também o questionamento da qualidade de cobrimento do concreto e sua possível deterioração, seguidamente do processo de oxidação nas passarelas.

Visando averiguar esta situação, executamos ensaios não destrutivos de pacometria em que é possível se detectar o cobrimento e a armadura do concreto por meio de uma leitura da interação entre as armaduras estimando também o diâmetro das armaduras.

A NBR 6118:2023 disposta no item 7.4.7.2 diz respeito ao cobrimento das armaduras definindo o cobrimento nominal através da classe de agressividade ambiental mostrado no quadro 4 abaixo:

**Quadro 4** - correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para tolerância de execução = 10mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV <sup>c</sup>
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje <sup>b</sup>	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo <sup>d</sup>	30		40	50
Concreto protendido <sup>a</sup>	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

<sup>a</sup> Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

<sup>b</sup> Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal  $\geq 15$  mm.

<sup>c</sup> Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

<sup>d</sup> No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal  $\geq 45$  mm.

**Fonte:** NBR – ABNT 6118/2003, versão corrigida.

Sendo uma estrutura construída através do concreto e argamassa armada, formada por um aço especial nas treliças metálicas, que diminuem de forma significativa o processo de corrosão, carbonatação ou definhamento das barras, o diâmetro padrão dos pilares e vigas, de acordo com sua classe de agressividade ambiental de categoria IV, pela elevada salinidade, deve ser de 50mm nas superfícies. De acordo com a NBR 7480, o aço do concreto armado deve obter um diâmetro de barra maior ou igual a 5 mm e fios de trefilação ou equivalente com valor de diâmetro menor ou igual a 10mm, sendo um padrão inicial de barras de CA25 e CA50, e fios do tipo CA 60.

Durante a execução dos ensaios nas passarelas, fizemos a utilização do pacômetro, que durante certos momentos, trazia variações nos valores examinados, tendo possibilidade de não ser um resultado completamente preciso, além de inúmeras interferências no sinal devido a localidade de certas passarelas em metrô e outros. Apresentaram-se no geral, valores de 8,6 cm à 3,2 cm nos tramos modulares, e durante a travessia entre as placas antiderrapantes executada por fios, demonstraram valores de 3,2 e 1,2 até 0,4 cm.



**Figura 6-** Pacômetro



Fonte: Google

## **5.4 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NAS PASSARELAS**

As investigações conduzidas neste estudo concentraram-se nos problemas que surgiram ao longo dos anos devido ao tráfego, às condições climáticas adversas, à execução inadequada e à qualidade deficiente dos materiais, entre outras razões, que contribuíram para o surgimento de potenciais defeitos nas passarelas localizadas na capital baiana. Durante a análise, notou-se que as manifestações de defeitos observadas nas passarelas compartilham algumas semelhanças entre si onde listamos algumas mais recorrentes:

### **5.4.1 Fissuras**

Conforme Oliveira (2012) enfatiza, fissuras, trincas e rachaduras são anomalias patológicas comuns em construções, sendo identificadas em elementos como vigas, pilares, lajes, pisos e diversos outros componentes, frequentemente decorrentes de tensões nos materiais. Fissuras são rachaduras ou fendas que podem se formar em elementos estruturais, como paredes, lajes, pilares, fundações, entre outros, durante ou após a construção de uma edificação. Essas fissuras

podem variar em tamanho e gravidade e são geralmente resultado de diversos fatores, como movimentações naturais, sobrecargas e cargas concentradas, assentamento diferencial juntamente com outros fatores.

**Figura 7 – Fissuras nas passarelas 1**



a) Fissura e fungos na região do pilar cogumelo.



b) Fissura de corrosão no “pé” do pilar.

**Fonte:** acervo das autoras (2023)

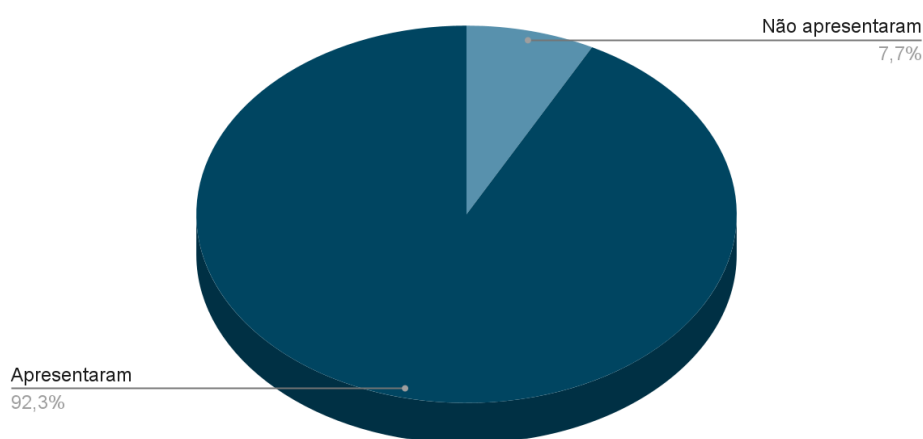
**Figura 8 - Degradação das placas de piso das passarelas**



**Fonte:** Acervo das autoras (2023)

Na avaliação das fissuras na passarela, foi constatado que aproximadamente 92,3% conforme ilustrado no (Gráfico 1 - Fissuras nas passarelas) das passarelas exibem fissuras, e dentre essas, uma parcela significativa demonstrou condições graves, como evidenciado na Figura 2. Para garantir maior precisão, foi empregado um paquímetro, e na Figura 2, observou-se que a maioria das fissuras tinham uma extensão superior a 50mm.

**Gráfico 1 - Fissuras nas passarelas**



**Fonte:** Autoras (2023)

#### **5.4.2 Corrosão**

A corrosão refere-se ao processo de deterioração gradual de materiais metálicos, como aço e ferro, devido à interação com o meio ambiente. Esse fenômeno é uma das principais preocupações na construção civil, pois pode comprometer a integridade e a durabilidade das estruturas, resultando em danos significativos. A corrosão ocorre principalmente em estruturas metálicas, como vigas, pilares, lajes, armaduras de concreto armado, armaduras de argamassa armada e outras partes expostas a condições ambientais desfavoráveis, como umidade, oxigênio, poluentes atmosféricos e agentes químicos corrosivos. Quando os materiais metálicos entram em contato com esses elementos, ocorrem reações químicas que levam à formação de óxidos metálicos, causando o enfraquecimento e o desgaste do material ao longo do tempo. Dentre os tipos mais comuns de corrosão,

destacam-se as corrosão atmosférica, corrosão por pites, corrosão galvânica e a corrosão por frestas.

A corrosão pode ser prejudicial não apenas para a integridade das estruturas, mas também para a segurança e a vida útil das construções, como explica MEHTA; MONTEIRO (1994, p. 170):

Uma vez que os cimentos Portland hidratados contém álcalis no fluido dos poros e aproximadamente 20 por cento do peso é constituído de hidróxido de cálcio sólido, normalmente há alcalinidade suficiente no sistema para manter o pH acima de 12. Em condições excepcionais [...], o pH do concreto na vizinhança do aço pode ser reduzido a menos de 11.5, destruindo portanto a passividade do aço e armando o palco para o processo de corrosão (MEHTA E MONTEIRO, 1994, p. 170).

**Figura 9-** Corrosão nas passarelas



a) Corrosão da viga metálica



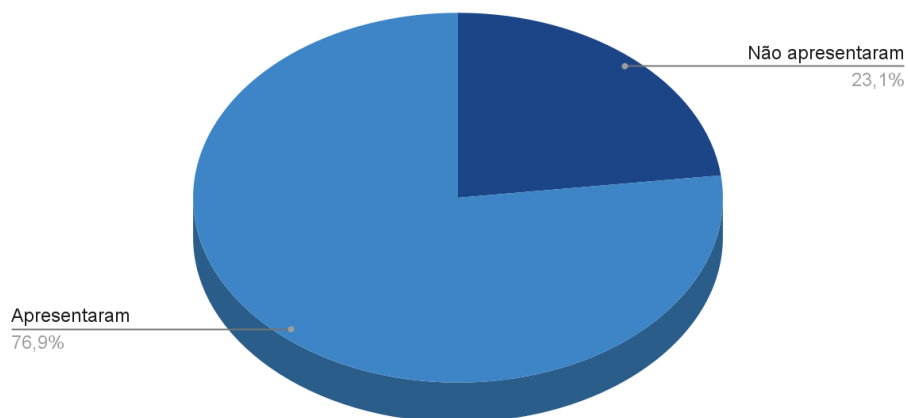
b) Corrosão na armadura exposta

**Fonte:** Acervo das autoras (2023)

Na análise das corrosões nas passarelas, observou-se que aproximadamente 76,9% delas exibiam algum grau de corrosão, variando desde danos leves até aqueles mais severos, conforme representado no (Gráfico 2 - Corrosões nas Passarelas). Grande parte dessas corrosões, ao serem examinadas, sugeriu-se que

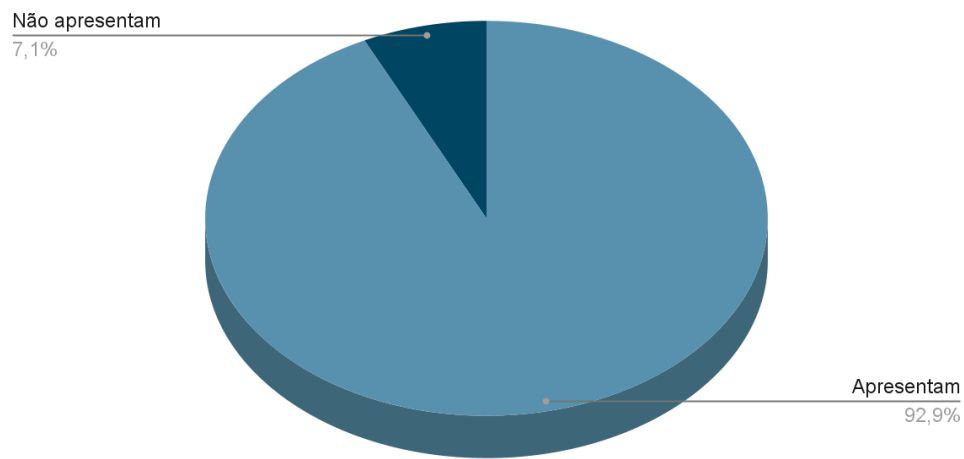
foram ocasionadas por fissuras, resultando na exposição da parte metálica e, conseqüentemente, causando esse tipo de desgaste. Conforme afirmado por Miotto (2010), os danos decorrentes da corrosão das armaduras geralmente se manifestam por meio de fissuras no concreto que se desenvolvem paralelamente à direção das armaduras, delimitando e/ou desprendendo o recobrimento onde observando o Gráfico 3 após as observações e estudos apenas 1 passarela não apresenta corrosão em sua armadura.

**Gráfico 2 – Corrosão nas estruturas das passarelas**



**Fonte:** Autoras (2023)

**Gráfico 3–** Corrosão nas armaduras das passarelas



**Fonte:** Autoras (2023)

### 5.4.3 Fungos

Em termos da construção civil, os fungos geralmente se referem ao crescimento de mofo ou bolor em ambientes internos devido à umidade excessiva, infiltrações de água, falta de ventilação adequada ou outras condições que favoreçam o desenvolvimento desses micro-organismos, conforme Shirakawa, a terminologia "bolor" ou "mofo" é utilizada para descrever a proliferação de diversos grupos de fungos de forma filamentosa em uma variedade de substratos, com destaque para sua presença em argamassas inorgânicas.

**Figura 8 - Fungos nas passarelas**



a) fungo na cobertura da passarela

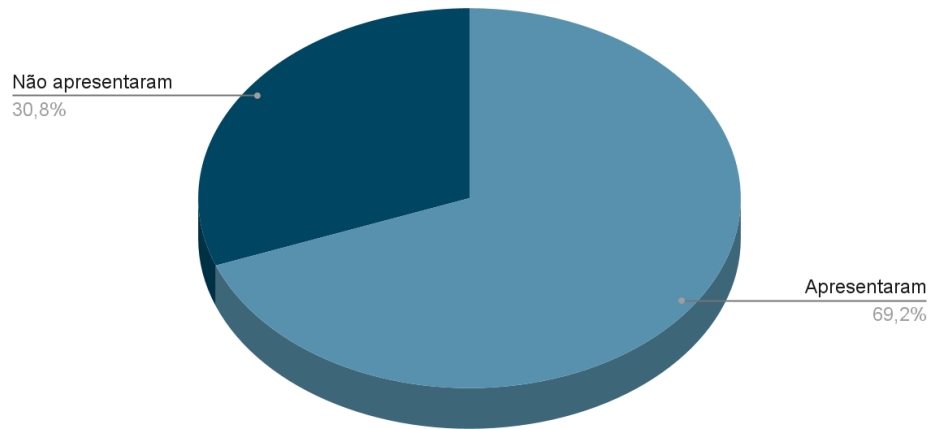


b) vegetação na viga metálica

**Fonte:** Acervo das autoras (2023)

Na análise dos fungos nas passarelas, observou-se que aproximadamente 69,2% delas exibiam algum tipo de fungo, variando desde pequenas concentrações de fungos até aqueles mais severos, conforme representado no (Gráfico 3 - Fungos nas Passarelas). Grande parte destes fungos, ao serem examinados, sugeriu-se que foram ocasionados por fissuras, excesso de umidade e fatores externos como a urina dos usuários ou até mesmo moradores de rua, resultando em mal cheiro, degradação do meio de locomoção além de ser um prejuízo financeiro e, conseqüentemente, causando esse tipo de desgaste.

**Gráfico 3 - Fungos nas passarelas**



**Fonte:** Autoras (2023)

#### **5.4.4 Eflorescência**

De acordo com Uemoto (1988), o termo "eflorescência" refere-se à formação de depósitos salinos na superfície dos materiais. Geralmente, isso não resulta em danos significativos além do aspecto visual indesejado. No entanto, existem situações em que os sais presentes nesses depósitos podem ser corrosivos e causar degradação substancial.

**Figura 9 – Eflorescência nas passarelas**

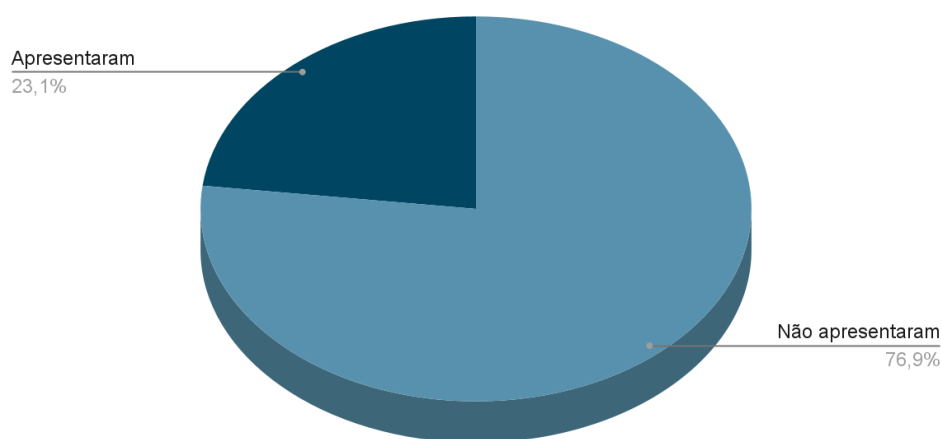


**Fonte:** acervo dos autores (2023)



Na análise das eflorescências nas passarelas, notou-se que cerca de 23,1% delas apresentaram esse fenômeno, conforme ilustrado no (Gráfico 4 - Eflorescência nas Passarelas). Apesar de Salvador estar localizada em uma região litorânea, não foi identificada uma quantidade excessiva de sais nas estruturas. A presença desses sais em algumas passarelas, embora cause um efeito visual indesejado, não se mostrou exorbitante.

**Gráfico 04 – Eflorescência nas passarelas**



**Fonte:** Autoras (2023)

#### **5.4 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO**

Para a definição do grau de deterioração das passarelas vistoriadas, utilizamos o método de Castro (1994) abordado no tópico 4.4.

Levamos em conta parâmetros que levam ao processo de degradação de cada passarela vistoriada, quantificando um grau de risco para cada elemento estrutural das passarelas de Lelé. Para este método, fizemos o uso do fluxograma mostrado anteriormente (figura 01) no objetivo de adquirir resultados eficazes.

Durante o levantamento de manifestações e patologias presentes nas vistorias feitas, preenchemos 2 checklists divididos de apoio e inspeção visual (quadro) baseado em Nielsen (2001) com o objetivo de identificar e apontar possíveis processos de deterioração nas estruturas como representado abaixo.

**Quadro 5-** Check list de apoio à inspeção visual das passarelas da Av. centenário, Imbuí, Acesso norte e Bonocô 1 e 2.

CHECK LIST: APOIO DE INSPEÇÃO VISUAL												
LOCAL	IMBUÍ		AV. CENTENÁRIO		ACESSO NORTE		BONOCÔ 1		BONOCÔ 2		SARAMANDAIA	
	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO
Há fissuras nas estruturas?	X		X				X		X		X	
Há eflorescência?		X		x		X		x		x		x
Há manchas de corrosão?		x	X			x	X		X		X	
Há corrosão nas ferragens?		X		X	X		X		X		X	
Há deslocamento do concreto?		X		X		X		X		X		X
As fissuras são paralelas às armaduras?		X		X		X		X		X		X
As fissuras são mapeadas?	X		X			X	X		X		x	
As fissuras apresentam ressaltos?		X		X	X			X		X		X
Há presença de vegetação nas fissuras?		X	X			X		X	X		x	
Cobrimento do concreto é adequado?	X		X		X		X		X		x	
As regiões afetadas são expostas ao sol e à chuva?	X		X		X		X		X			X
Há manchas de fuligem nas estruturas de concreto?		X	X		X		X		X		X	
Há presença de lodo ou bolor nas estruturas?		X		X		X		X		X		X
As ferragens apresentam flambagem?		X		X		X		X		X		X

Há deformações excessivas nas lajes?		X		X		X		X		X		X
Há deformações excessivas nas vigas?		X		X		X		X		X		x
Há odor de urina na região dos pilares?	X		X		X		X		X		x	
Há indícios de manutenção recente?	X		X		X		X		X			X
Há desgaste superficial do concreto?	X		X		X			X	X		x	

**Fonte:** autoras (2023).

No quadro 6, apresentamos abaixo as mesmas informações apresentadas no quadro anterior, atenuando de forma evidente sinais de patologias presentes em maioria das passarelas, tendo em vista que, algumas podem passar por um processo de restauração em suas estruturas.

**Quadro 6-** Check list de apoio à inspeção visual das passarelas da Bonocô 3 e 4, Paralela, Av.Tancredo Neves e Vasco da Gama.

CHECK LIST: APOIO DE INSPEÇÃO VISUAL														
LOCAL	BONOCÔ 3		BONOCÔ 4		EST. FLAMBOYANT		PARALELA (AV LUIS VIANA FILHO)		AV. TANCREDO NEVES		VASCO DA GAMA		AV. ANTONIO CARLOS MAGALHÃES	
	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO
Há fissuras nas estruturas ?	X		X		X		X		X		X			X
Há eflorescência?		X	X		X		X			X		x		X
Há manchas de corrosão?	X		X		X		X		X		X			X
Há corrosão nas ferragens?	X		X		X		X		X		X			X
Há deslocamento do concreto?	X		X		X			X		X		X		X

As fissuras são paralelas às armaduras?		X	X		X			X		X	X			X
As fissuras são mapeadas?	X		X			X	X		x		x			X
As fissuras apresentam ressaltos?		X	X			X		x		x		X		X
Há presença de vegetação nas fissuras?	X		X		X		X		x		x			X
Cobrimento do concreto é adequado?	X		X			X	x		X		x		x	
As regiões afetadas são expostas ao sol e à chuva?	X		X		X		X		X		x			X
Há manchas de fuligem nas estruturas de concreto?	X		X		X		X			x	x			X
Há presença de lodo ou bolor nas estruturas?		X		X	X		X			X		X		X
As ferragens apresentam flambagem?		X		X		X		X		X		X		X
Há deformações excessivas nas lajes?		X		X		X		X		X		X		X
Há deformações excessivas nas vigas?		X		X		X		X		X		x		x
Há odor de urina na região dos pilares?	X		X		X		X		X		x		x	
Há indícios de manutenção recente?	X		X			X	x		X			X		X
Há desgaste superficial do concreto?	X		X		X		X	X	X		x		x	

**Fonte:** autoras (2023).

Após este processo, subdividimos as manifestações patológicas em famílias, de acordo com as características estruturais dos elementos:

- Pilar;
- Laje;
- Elementos de composição arquitetônica;
- Viga.

A seguir, definimos o fator de ponderação do dano ( $F_p$ ) que quantifica a importância de um relativo dano na estrutura, estabelecendo problemas de maior relevância que definirá a importância de certo dano ou fissura presente quanto a aspectos de durabilidade em certas passarelas. Para isso, nos inspiramos novamente no quadro de Castro (1994) fazendo a exceção das cortinas, que são abordadas em seu quadro com variações na escala de 1 a 10.

**Quadro 7 - Famílias de elementos estruturais, danos e fatores de ponderação (Fp).**

PILAR		CORTINAS	
danos	F <sub>p</sub>	danos	F <sub>p</sub>
desvio de geometria	8	sinais de esmagamento	10
recalque	10	desvio de geometria	6
infiltração na base	6	infiltração	6
segregação	6	segregação	5
eflorescência	5	eflorescência	5
esfoliação	8	esfoliação	8
desagregação	7	desagregação	7
sinais de esmagamento	10	deslocam por empuxo	10
cobrimento deficiente	6	cobrimento deficiente	6
mancha de corrosão	7	mancha de corrosão	7
fissuras	10	fissuras	10
carbonatação	7	carbonatação	7
presença de cloretos	10	presença de cloretos	10
manchas	5	manchas	5
LAJES		Vigas	
danos	F <sub>p</sub>	danos	F <sub>p</sub>
segregação	5	segregação	4
eflorescência	3	eflorescência	5
esfoliação	8	esfoliação	8
desagregação	7	desagregação	7
cobrimento deficiente	6	cobrimento deficiente	6
mancha de corrosão	7	mancha de corrosão	7
flechas	10	Flechas	10
fissuras	10	Fissuras	10
carbonatação	7	carbonatação	7
infiltração	6	infiltração	6
presença de cloretos	10	presença de cloretos	10
manchas	5	manchas	5

**Fonte:** Castro (1994).

**Quadro 8 - Famílias de elementos estruturais, danos e fatores de ponderação (Fp).**

COMPOSIÇÃO ARQUITETÔNICA	
danos	F <sub>p</sub>
segregação	4
eflorescência	4
esfoliação	8
desagregação	7
cobrimento deficiente	6
mancha de corrosão	7
fissuras	8
ligação à estrutura	10
carbonatação	7
presença de cloretos	10

**Fonte:** Castro (1994).

Com esta escala de ponderação, definimos o fator de intensidade do dano(Fi) que classifica em uma escala de dano de 0 a 4, o nível e evolução de uma

manifestação patológica, sendo ela grave ou leve, atribuindo os valores conforme a intensidade e manifestações apresentadas que assemelham-se com as respectivas informações no quadro 9.

- Sem lesões  $Fi = 0$
- Lesões leves  $Fi = 1$
- Lesões toleráveis  $Fi = 2$
- Lesões graves  $Fi = 3$
- Estado crítico  $Fi = 4$

**Quadro 9-** Classificação dos danos e fatores de intensidade (Fi).

Tipos de danos	Fator de intensidade do dano – Tipo de manifestações
Segregação	1 - superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça; 2 - significativa em relação às dimensões da peça; 3 - profunda em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura; 4 - perda relevante da seção da peça.
Eflorescência	1 - início de manifestação; 2 - manchas de pequenas dimensões; 3 - manchas acentuadas, em grandes extensões.
Esfoliação	2 - pequenas escamações do concreto; 3 - lascamento, de grandes proporções, com exposição da armadura; 4 - lascamento acentuado com perda relevante de seção.
Desagregação	2 - início de manifestação; 3 - manifestações leves; 4 - por perda acentuada de seção e esfrelamento do concreto;
Cobrimento	1 - menores que os previstos em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura; 2 - menor do que o previsto em norma, permitindo a localização da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões; 3 - deficiente com armaduras expostas em extensões significativas.
Manchas de corrosão/ corrosão da armadura	2 - manifestações leves; 3 - grandes manchas e/ou fissuras de corrosão; 4 - corrosão acentuada na armadura principal, com perda relevante de seção.
Flechas	1 - não perceptíveis a olho nu; 2 - perceptíveis a olho nu, dentro dos limites previstos em norma; 3 - superiores em até 40% às previstas na norma; 4 - excessivas.
Recalque	2 - indícios, pelas características de trincas na alvenaria; 3 - recalque estabilizado com fissuras em peças estruturais; 4 - recalque não estabilizado com fissuras em peças estruturais.
Fissuras	1 - aberturas menores do que as máximas previstas em norma; 2 - estabilizadas, com abertura até 40% acima dos limites de norma; 3 - aberturas excessivas; estabilizadas; 4 - aberturas excessivas; não estabilizadas.
Carbonatação	1 - localizada, com algumas regiões com pH <9, sem atingir a armadura; 2 - localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco; 3 - localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido; 4 - generalizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido.
Infiltração	1 - indícios de umidade; 2 - pequenas manchas; 3 - grandes manchas; 4 - generalizada.
Presença de cloretos	2 - em elementos no interior sem umidade; 3 - em elementos no exterior sem umidade; 4 - em ambientes úmidos.
Manchas	2 - manchas escuras de pouca extensão, porém significativas; 3 - manchas escuras em todo o elemento estrutural
Sinais de esmagamento	3 - desintegração do concreto na extremidade superior do pilar, causada por sobrecarga ou movimentação da superestrutura; fissuras diagonais



	isoladas; 4 - fissuras de cisalhamento bidiagonais, com intenso lascamento (esmagamento) do concreto devido ao cisalhamento e a compressão, com perda substancial de seção, deformação residual aparente; exposição e início de flambagem de barras da armadura.
Desvio de geometria	2 - pilares e cortinas com excentricidade $\leq h/100$ ( h = altura) 3 - pilares e cortinas com excentricidade $\geq h/100$
Infiltração na base	3 - indícios de vazamento em tubulações enterradas que podem comprometer as fundações; 4 - vazamentos em tubulações enterradas causando erosão aparente junto às fundações.
Junta de dilatação obstruída	2 - perda de elasticidade do material da junta; 3 - presença de material não compressível na junta.
Fissuras vizinhas às juntas de dilatação	2 - lajes com início de fissuras adjacentes às juntas; 3 - grande incidência de lajes com fissuras adjacentes às juntas; 4 - idem, com prolongamento das fissuras em vigas e/ou pilares de suporte.
Deslocamento por empuxo	3 - deslocamento lateral no sentido horizontal, com excentricidade porém estável; 4 - deslocamento lateral no sentido horizontal, instável.

Fonte: Castro (1994).

Através da escala de ponderação (Fp) de Klein, do fator de intensidade do dano (Fi), elaboramos tabelas, com os respectivos valores estimados, desprezando o processo de definição do grau do dano (D) esquematizado no fluxograma no qual nos inspiramos.

**Tabela 1 - Classificação dos danos, fator de intensidade e ponderação nos pilares das passarelas**

PILAR	IMBUÍ		AV. CENTENÁRIO		ACESSO NORTE		BONOCÔ 1		BONOCÔ 2		SARAMAND AIA	
	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi
FATOR DE INTENSIDADE E PONDERAÇÃO	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi
DESVIO DE GEOMETRIA	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
RECALQUE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SEGREGAÇÃO	0	1	0	1	2	1	3	0	1	1	1	1
EFLORESCÊNCIA	0	1	1	1	2	1	3	1	2	0	2	0
ESFOLIAÇÃO	0	2	0	1	3	0	4	0	3	0	3	0
DESAGREGAÇÃO	1	2	1	2	1	0	2	1	2	0	2	0
SINAIS DE ESMAGAMENTO	0	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0
COBRIMENTO DEFICIENTE	0	0	3	2	5	1	8	4	3	4	2	3
MANCHA DE CORROSÃO	2	2	5	2	7	1	4	2	9	1	6	1
FISSURAS	3	1	4	2	1	1	3	2	1	2	1	2

CARBONATAÇÃO	10	4	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5
PRESENÇA DE CLORETOS	2	2	3	1	4	2	6	3	5	2	5	2
MANCHAS	4	2	7	2	6	1	7	3	7	3	7	3

**Fonte:** autoras (2023)

**Tabela 2-** Classificação dos danos, fator de intensidade e ponderação nos pilares das passarelas

PILAR	BONOCÔ 3		BONOCÔ 4		EST. FLAMBOYANT		PARALELA		VASCO DA GAMA		AV. ANTONIO CARLOS MAGALHÃES	
	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi
FATOR DE INTENSIDADE E PONDERAÇÃO												
DESVIO DE GEOMETRIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RECALQUE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SEGREGAÇÃO	0	0	1	0	2	1	4	1	0	0	0	0
EFLORESCÊNCIA	0	1	0	1	2	1	3	0	2	0	2	0
ESFOLIAÇÃO	2	1	0	1	3	0	3	0	3	1	3	1
DESAGREGAÇÃO	1	1	0	0	1	0	2	0	1	0	1	0
SINAIS DE ESMAGAMENTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COBRIMENTO DEFICIENTE	5	3	4	3	4	2	7	4	7	2	4	2
MANCHA DE CORROSÃO	2	1	2	0	5	1	4	3	5	1	4	1
FISSURAS	3	2	2	3	2	1	2	2	3	1	3	1
CARBONATAÇÃO	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5
PRESENÇA DE CLORETOS	1	1	2	2	6	2	6	3	6	2	6	2
MANCHAS	3	1	8	2	6	1	8	1	6	2	4	2

**Fonte:** autoras (2023)

Seguindo o fluxograma de forma minuciosa, prosseguimos com as tabelas, classificando logo após as lajes e os componentes arquitetônicos das passarelas.

**Tabela 3-** classificação dos danos, fator de intensidade e ponderação nas lajes das passarelas

LAJES	IMBUÍ		AV. CENTENÁRIO		ACESSO NORTE		BONOCÔ 1		BONOCÔ 2		SARAMAND AIA	
	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi
SEGREGAÇÃO	3	0	4	1	0	0	5	2	0	0	0	0
EFLORESCÊNCIA	3	0	4	1	3	1	4	1	4	1	4	1
ESFOLIAÇÃO	2	0	2	1	0	0	7	3	5	2	5	2
DESAGREGAÇÃO	2	0	3	0	0	0	6	4	3	1	3	1
COBRIMENTO DEFICIENTE	7	0	5	4	5	3	7	5	6	5	5	3
MANCHA DE CORROSÃO	5	0	9	4	8	5	10	5	7	3	7	3
FLECHAS	1	1	3	1	4	1	4	1	4	0	4	0
FISSURAS	5	4	5	3	7	2	5	2	8	3	8	3
CARBONATAÇÃO	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5
PRESENÇA DE CLORETOS	8	3	6	2	3	1	4	1	5	1	3	1
INFILTRAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MANCHAS	5	2	7	3	5	1	6	4	6	1	5	1

Fonte: autoras(2023).

**Tabela 4-** Classificação dos danos, fator de intensidade e ponderação nas lajes das passarelas

LAJES	BONOCÔ 3		BONOCÔ 4		EST. FLAMBOYANT		PARALEL A		VASCO DA GAMA		AV. ANTONIO CARLOS MAGALHÃES	
	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi
SEGREGAÇÃO	0	0	0	0	2	1	0	1	7	3	5	2
EFLORESCÊNCIA	4	1	5	1	1	1	3	1	1	0	1	0
ESFOLIAÇÃO	6	3	5	1	2	3	2	1	5	2	5	2
DESAGREGAÇÃO	4	1	5	2	3	1	2	1	6	4	6	4
COBRIMENTO DEFICIENTE	8	4	8	2	5	5	5	4	7	4	5	4
MANCHA DE CORROSÃO	7	4	6	1	5	5	4	4	9	5	4	2
FLECHAS	2	1	4	1	2	0	1	2	6	2	5	2
FISSURAS	6	3	7	1	5	5	2	3	9	4	5	4
CARBONATAÇÃO	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5

PRESENÇA DE CLORETOS	7	2	6	2	4	3	4	2	5	3	5	3
INFILTRAÇÃO	0	0	0	0	5	5	2	1	1	1	1	1
MANCHAS	8	3	6	1	10	5	4	1	8	5	3	3

Fonte: autoras (2023).

**Tabela 5-** Classificação dos danos, fator de intensidade e ponderação em elementos arquitetônicos presentes nas passarelas

COMPOSIÇÃO ARQUITETÔNICA	IMBUÍ		AV. CENTENÁRIO		ACESSO NORTE		BONOCÔ 1		BONOCÔ 2		SARAMAND AIA	
	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi
DANOS												
SEGREGAÇÃO	1	2	2	0	0	0	4	1	0	0	0	0
EFLORESCÊNCIA	1	1	2	0	0	0	0	1	1	1	1	1
ESFOLIAÇÃO	1	1	5	1	0	0	6	1	2	1	2	1
DESAGREGAÇÃO	3	2	3	0	1	1	8	3	1	1	1	1
MANCHA DE CORROSÃO	5	2	8	2	4	2	10	4	6	2	5	2
FISSURAS	4	2	6	2	6	1	6	1	7	3	4	3
CARBONATAÇÃO	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5
PRESENÇA DE CLORETOS	4	2	5	2	2	1	3	1	3	1	3	1

Fonte: autoras(2023).

**Quadro 6-** Classificação dos danos, fator de intensidade e ponderação em elementos arquitetônicos presentes nas passarelas

COMPOSIÇÃO ARQUITETÔNICA	BONOCÔ 3		BONOCÔ 4		EST. FLAMBOYANT		PARALELA		VASCO DA GAMA		AV. ANTONIO CARLOS MAGALHÃES	
	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi
DANOS												
SEGREGAÇÃO	0	0	0	0	2	1	0	1	2	1	2	1
EFLORESCÊNCIA	0	1	0	1	0	1	2	1	3	0	3	0
ESFOLIAÇÃO	0	1	0	1	3	1	2	1	5	1	4	1

DESAGREGAÇÃO	1	1	5	1	5	1	2	1	7	3	5	3
MANCHA DE CORROSÃO	6	3	7	1	7	5	6	4	10	5	10	5
FISSURAS	5	1	5	1	6	5	6	3	9	4	6	2
CARBONATAÇÃO	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5
PRESENÇA DE CLORETOS	6	1	4	10	4	3	2	1	4	3	4	3

Fonte: autoras(2023).

**Tabela 7-** Classificação dos danos, fator de intensidade e ponderação em vigas nas passarelas

VIGAS	IMBUÍ		AV. CENTENÁRIO		ACESSO NORTE		BONOCÔ 1		BONOCÔ 2		SARAMANDAIA	
	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi
SEGREGAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
EFLORESCÊNCIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESFOLIAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
DESAGREGAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MANCHA DE CORROSÃO	3	1	5	3	3	1	6	2	6	2	6	2
FLECHAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CARBONATAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INFILTRAÇÃO	4	1	5	1	2	1	4	1	4	2	3	1
MANCHAS	4	1	6	2	4	1	3	1	5	1	4	1

Fonte: autoras(2023).

**Tabela 8-** Classificação dos danos, fator de intensidade e ponderação em vigas nas passarelas

VIGAS	BONOCÔ 3		BONOCÔ 4		EST. FLAMBOYANT		PARALELA		VASCO DA GAMA		AV. ANTONIO CARLOS MAGALHÃES	
	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi	Fp	Fi
DANOS												

SEGREGAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
EFLORESCÊNCIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
ESFOLIAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1
DESAGREGAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3
MANCHA DE CORROSÃO	5	1	7	2	4	1	2	1	9	4	7	4
FLECHAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2
CARBONATAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	5
INFILTRAÇÃO	5	1	4	2	4	2	1	1	8		4	3
MANCHAS	3	1	3	0	5	2	3	1	10	5	10	5

**Fonte:** autoras(2023).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base em informações de maior consistência e ensaios não destrutivos, feitas em aproximadamente 11 passarelas, foram executados ensaios de carbonatação para identificação do nível de ph presente no concreto da estrutura e sua profundidade de carbonatação de acordo com o tempo, sendo este grande, devido ao extenuante tempo de existência entre quarenta anos, sendo um período variável a cada uma de acordo com seu ano de conclusão em certa distinção. Nisso, foi-se necessário o uso do pacômetro para a definição de fissuras e sua profundidade de acordo com o grau de dano ou intensidade da manifestação patológica, apresentando gráficos, figuras e tabelas concernentes com cada patologia identificada, obtendo uma análise precisa e de certo modo, eficaz ao longo deste trabalho.

Por fim, diante dos resultados apresentados em todos os gráficos e passarelas, incluindo também o grau e nível de Fp e Fi inspirado pelo método de Klein, para definição do grau de deterioração das passarelas em parte das etapas descritas em seu fluxograma, observa-se, que inúmeras passarelas vistoriadas necessitam de cuidados adicionais devido às manifestações patológicas vistas ao longo das visitas.

Como exemplo, a passarela localizada próxima a Perini, que apresentava inúmeras patologias e exposições de certos elementos estruturais como a retirada das placas abobadadas na construção, permitindo que a laje de argamassa armada seja exposta em maior proporção à chuvas ou tempos áridos. Em suma, é perceptível o vandalismo em maiorias das passarelas vistas, trazendo a tona que, apesar de certos cuidados impostos pela DESAL em serviços específicos para restauração e cuidado das passarelas, se mantém propício ao ato de vandalismo nas mesmas com o odor de urina presente em sua maioria.

Diante disso, é notável que devido à ação do tempo, aos atos de vandalismo em um grande percentual, e às falhas patológicas observadas como abrasão das placas à frequente passagens de pessoas durante o dia, além de algumas passarelas que apresentam corrosão nas ferragens e nos corrimões que tendem a ter uma altura de corpo fora da norma sendo obrigatório o padrão de 1,10m acima. Com isto, observa-se que o cuidado e um retorno ou atenção às passarelas, será de rica importância para a restauração da beleza e composição arquitetônica produzidas e deixadas por Lelé, como um enriquecedor acervo de elementos inovadores que se destacam em Salvador como inspiração de algo inestimável na arquitetura e desenvolvimento da fase de crescimento de Salvador.

## 6. REFERÊNCIAS

UEMOTO, K. L. Patologia: Danos causados por eflorescência. Tecnologia de Edificações. São Paulo: Pini/IPT, 1988. (Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT).

SAMUEL, M. C. S. Análise do grau de deterioração das passarelas do Pistão Sul utilizando ensaios não destrutivos. Centro Universitário de Brasília - UNICEUB, 2018.

SILVA, V. M. Ação da carbonatação em vigas de concreto armado em serviço, construídas em escala natural e reduzida. 2007. 306 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

POSSAN, E. Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano. 2010. 265 f. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MEHTA. P. K. e MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Estrutura, propriedades e materiais. 2. ed. São Paulo: Ed. Pini, 1994. p. 170.

OLIVEIRA, D. G. Ensaaios não destrutivos: fundamentos e aplicações. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa , 2019.

SOUZA, V.C.M., RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto". São Paulo: Ed. Pini. p. 19-74.

TUUTTI, K. Corrosion Steel in Concrete", Swedish Cement and Concrete Research Institute. 1982. Stockholm 469p.



KULAKOWSKI, M. P. Contribuição ao Estudo da Carbonatação em Concretos e Argamassas Compostos com Adição de Sílica Ativa. 199 f. 2002. Porto Alegre. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

OLIVEIRA, Tatiane R. Análise da frente de carbonatação em concreto convencional: estudo de caso em edificações com idade diferenciada na cidade de Juazeiro do Norte – CE. 2017. 53. Monografia, Curso de Tecnologia da Construção Civil com habilitação em Edifícios, Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte, Ceará.

HANAI, J. B. Construções de Argamassa Armada: fundamentos tecnológicos para projeto e execução. 1. ed. São Paulo: Pini, 1992.

LATORRACA, Giancarlo. João Filgueiras Lima Lelé. Lisboa/ São Paulo: Editorial Blau/ Instituto Lina Bo e P.M. Bardi, 2000.

PINHO, Roberto. Lelé: um arquiteto universal. In: RISSELADA, Max e LATORRACA, Giancarlo (org.). A Arquitetura de Lelé: Fábrica e Invenção. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo/ Museu da Casa Brasileira, 2010

TRIGO, Cristina Câncio. Pré-Fabricado em Argamassa Armada: material, técnica e desenho de componentes desenvolvidos por Lelé. Dissertação (Mestrado – Tecnologia da Arquitetura). FAUUSP. São Paulo, 2009.

HANAI, J. B. Construções de Argamassa Armada: Situação, Perspectivas e Pesquisa. Tese (Doutorado – ). Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo . São Carlos, 1982.