



**INVESTIGAÇÃO DA DEGRADAÇÃO EM SISTEMAS DE REVESTIMENTO DE
FACHADA EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS**

SUZANNA FERREIRA PONTES

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**INVESTIGAÇÃO DA DEGRADAÇÃO EM SISTEMAS DE
REVESTIMENTO DE FACHADA EM EDIFÍCIOS
RESIDENCIAIS**

SUZANNA FERREIRA PONTES

ORIENTADORA: JÉSSICA SIQUEIRA DE SOUZA

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ESTRUTURAS E
CONSTRUÇÃO CIVIL**

BRASÍLIA / DF: MAIO / 2022

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**INVESTIGAÇÃO DA DEGRADAÇÃO EM SISTEMAS DE
REVESTIMENTO DE FACHADA EM EDIFÍCIOS
RESIDENCIAIS**

SUZANNA FERREIRA PONTES

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.**

APROVADA POR:

**PROF. JÉSSICA SIQUEIRA DE SOUZA, Dra. (ENC/UnB)
(ORIENTADORA)**

**PROF. JOÃO HENRIQUE DA SILVA RÊGO, Dr. (ENC/UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**ANA LUIZA ROCHA DE SOUZA, Mestre (CEFET/MG)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

DATA: BRASÍLIA/DF, 05 DE MAIO DE 2022.

FICHA CATALOGRÁFICA

PONTES, SUZANNA FERREIRA

Investigação da degradação em sistemas de revestimento de fachada em edifícios residenciais [Distrito Federal] 2022.

xii, 142 p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2022)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Revestimento de Fachada

2. Degradação

3. Danos

4. Durabilidade

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PONTES, S. F. (2022). Investigação da degradação em sistemas de revestimento de fachada em edifícios residenciais. Monografia de Projeto Final, Publicação G.PF-001/22, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 70 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Suzanna Ferreira Pontes

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Investigação da degradação em sistemas de revestimento de fachada em edifícios residenciais.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2022

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Suzanna Ferreira Pontes

UnB, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte.

70.704-111 – Brasília/DF – Brasil.

suzanna.pontes14@hotmail.com

*Dedico este trabalho aos meus pais,
Eukênia e Jair, pelo apoio incondicional*

“Tudo posso naquele que me fortalece.”

(Filipenses 14:13)

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar a vida, por estar comigo em todos os momentos, por sempre renovar minhas forças e por tantas bênçãos que recebo na minha vida.

Aos meus pais, Jair Pontes e Eukênia Borges, pelo amor e apoio incondicional. Ao meu irmão Guilherme Pontes que sempre foi meu orgulho. Sem vocês eu não teria chegado até aqui e não seria quem eu sou.

Ao meu namorado, Jhonatan Santos, por todo incentivo, companheirismo e por me ouvir falar tanto desta pesquisa.

Aos amigos que fiz durante a trajetória na UnB: Alan, Andrey, Bruna, Hiago, Morgana, Tauane e Vinícius. Por todos os momentos compartilhados, por toda força e ajuda. Com vocês essa trajetória foi muito mais leve.

À minha orientadora prof. Dra. Jéssica Souza, pela confiança, paciência, dedicação, motivação e empolgação, que foram essenciais ao longo desta pesquisa.

À todos os professores do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília.

À Universidade de Brasília (UnB), instituição que sempre admirei e que hoje tenho muito orgulho de ter realizado minha graduação nessa universidade. Obrigada pela oportunidade!

À todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram com a realização desta monografia. Meu eterno obrigado à todos!

RESUMO

O sistema de revestimento de fachada é exposto a diversos tipos de solicitações, o que torna uma área sensível aos efeitos de degradação. Assim, ao longo da vida útil podem surgir diversos tipos de danos, afetando a durabilidade e o desempenho desse sistema e reduzindo a vida útil. O entendimento do comportamento desse sistema é fundamental, uma vez que além de função estética, este exerce também a função de proteção da edificação. Nesse fundamento, esta pesquisa visa analisar o efeito dos danos na degradação do sistema de fachadas. Para as análises foi utilizado o Método de Mensuração de Degradação (MMD) para o mapeamento e quantificação dos danos em amostras de 6 edifícios com revestimento cerâmico e em argamassa e posteriormente foi aplicado a curvas de probabilidade de danos para a determinação da ocorrência e intensidade de diferentes tipos de danos nas diferentes zonas da fachada (Paredes Contínuas, Aberturas, Sacadas, Cantos e Extremidades, Transição entre Pavimentos e Topo) e nas diferentes orientações cardeais de cada fachada (Norte, Sul, Leste e Oeste). A amostragem é composta por edifícios situados em Brasília, Brasil com doze anos de idade. Os resultados demonstraram que o revestimento em argamassa degrada mais que o revestimento cerâmico. Os danos que mais degradam os dois tipos de revestimento são Bolor e Mancha de Sujidade. A degradação foi maior em fachadas orientadas para o Leste em ambos os tipos de revestimentos. As zonas que apresentaram maior degradação foram Paredes Contínuas e Transição entre Pavimentos no revestimento cerâmico e Sacadas no revestimento em argamassa. Essa pesquisa contribui para melhor entendimento da degradação de fachadas, sendo composta por informações que podem subsidiar pesquisas futuras e, auxiliar na definição de estratégias de prevenção, manutenção e reabilitação das fachadas.

Palavras-chaves: Revestimento de fachada, Degradação, Danos, Durabilidade.

ABSTRACT

The facade cladding system is exposed to different types of stress, which makes an area sensitive to the effects of degradation. Thus, throughout its useful life, various types of damage can arise, affecting the durability and performance of this system and reducing its useful life. The understanding of the behavior of this system is essential, since in addition to its aesthetic function, it also has the function of protecting the building. On this basis, this research aims to analyze the effect of damage on the degradation of the facade system. For the analysis, the Degradation Measurement Method (MMD) was used to map and quantify the damage in samples of 6 buildings with ceramic cladding and mortar and later it was applied to damage probability curves to determine the occurrence and intensity of damage. different types of damage in the different areas of the facade (Continuous Walls, Openings, Balconies, Corners and Ends, Transition between Floors and Top) and in the different cardinal orientations of each facade (North, South, East and West). The sample consists of twelve-year-old buildings located in Brasília, Brazil. The results showed that the mortar coating degrades more than the ceramic coating. The damages that most degrade both types of coatings are Mold and Dirt Stain. Degradation was greater on east-facing facades in both types of coatings. The areas that showed the greatest degradation were Continuous Walls and Transition between Floors in the ceramic coating and Balconies in the mortar coating. This research contributes to a better understanding of the degradation of facades, being composed of information that can support future research and help to define strategies for the prevention, maintenance and rehabilitation of facades.

Key words: Facade, Degradation, Damage, Durability.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVOS.....	3
2.1	Objetivos específicos.....	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1	Durabilidade	4
3.2	Degradação	6
3.3	Tipos de revestimentos	7
3.3.1	Revestimento em argamassa.....	8
3.3.2	Revestimento cerâmico	10
3.4	Danos mais recorrentes.....	11
3.4.1	Descolamento.....	12
3.4.2	Eflorescência	14
3.4.3	Fissura e gretamento	15
3.4.4	Falha de rejunte	17
3.4.5	Falha de vedação	19
3.4.6	Bolor.....	19
3.4.7	Mancha de Sujidade	21
3.5	Mensuração de degradação	21
4	METODOLOGIA.....	28
5	ANÁLISE DE RESULTADOS	31
5.1	Influência do tipo de revestimento na degradação	31
5.2	Investigação dos danos em cada tipo de revestimento	34
5.3	Influência das orientações cardeais na degradação	38
5.4	Influência das zonas da fachada na degradação	41
6	CONCLUSÃO	47

6.1	Sugestões para pesquisas futuras.....	48
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

Lista de Figuras

Figura 1 – Solicitações em sistema de vedação vertical (Kazmierczak et al., 2016)	5
Figura 2 – Camadas constituintes do revestimento em argamassa (Diogo, 2007)	8
Figura 3 – Camadas constituintes do revestimento cerâmico (CCB, 2009)	10
Figura 4 – Descolamento Cerâmico (Bauer, 2010)	13
Figura 5 – Descolamento do revestimento em argamassa (Fonte: Autor).....	14
Figura 6 – Eflorescência em sistema de revestimento cerâmico (Bauer, 2010).	15
Figura 7 – Fissura em sistema de revestimento cerâmico de fachada (Delazeri, 2018)	17
Figura 8 – Fissura em sistema de revestimento em argamassa (Terrezo, 2021).....	17
Figura 9 – Falha de rejunte (Silva, 2014).	18
Figura 10 – Falha de rejunte (Silva et al., 2014).....	19
Figura 11 – Bolor e Mofo (Silva, 2021)	20
Figura 12 – Manchas provenientes da acumulação de sujidades (Chaves, 2009)	21
Figura 13 – Definição de amostras de fachada (Piazzarollo, 2019).	23
Figura 14 – Principais etapas do MMD para a quantificação da degradação. (a) Registro fotográfico; (b) Ortogonalização; (c) Mapeamento de danos e; (d) Definição das zonas (Souza, 2019).....	24
Figura 15 – Etapas da metodologia.....	28
Figura 16 – Representação da prumada Oeste do edifício D dividido em amostras.	29
Figura 17 – Percentual de área de cada revestimento em relação a área total da fachada.	31
Figura 18 – Valor do FD médio para cada tipo de revestimento	32
Figura 19 – Curvas de probabilidade de danos para diferentes tipos de revestimento.	33
Figura 20 – Comportamento dos danos em cada tipo de revestimento.	34
Figura 21 – Curvas de probabilidade dos diferentes danos no revestimento cerâmico.	36
Figura 22 – Curvas de probabilidade dos diferentes danos no revestimento em argamassa.	37
Figura 23 – Degradação nas diferentes orientações cardeais da fachada nos diferentes tipos de revestimentos.	39

Figura 24 – Curvas de probabilidade de danos nas diferentes orientações cardeais das fachadas com revestimento cerâmico. 40

Figura 25 – Curvas de probabilidade de danos nas diferentes orientações cardeais das fachadas com revestimento em argamassa. 41

Figura 26 – Degradação nas diferentes zonas para os diferentes tipos de revestimentos. 42

Figura 27 – Curvas de probabilidade dos danos nas diferentes zonas de fachada com revestimento cerâmico. 43

Figura 28 – Curvas de probabilidade dos danos em nas diferentes zonas de fachada com revestimento em argamassa. 45

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Exigência do usuário (Silva, 2014; adaptado da ABNT NBR 15575-1, 2013)	4
Tabela 2 – Vida útil de projeto (VUP)* (NBR 15575-1, 2013).....	6
Tabela 3 – Natureza dos agentes de degradação (ISO 15686-2, 2012 apud ISO 6241, 1984).....	7
Tabela 4 – Principais causas da ocorrência de Eflorescência (Santos, 2018).....	14
Tabela 5 – Critério de avaliação da suscetibilidade à Fissuração (adaptado: NBR 16448, 2018)	16
Tabela 6 – Tipos de A.R. e requisitos mínimos (adaptado da NBR 14992, 2003).....	18

1 INTRODUÇÃO

O sistema de revestimento de fachada constitui uma fração significativa no custo de uma construção de edifícios, sendo considerado cerca de 10 a 30% do total da construção. Além de, exercer função estética, proteção do substrato contra intempéries e conforto e segurança dos usuários. O correto entendimento desse sistema impede gastos elevados de reparações futuras, além do transtorno dos usuários, pois auxilia na elaboração adequada de projetos, na especificação de materiais e na determinação de manutenções periódicas para o cumprimento da vida útil projetada.

O revestimento fica exposto a inúmeras solicitações deletérias, tais como variações térmicas, vento, umidade, ruído, chuva, incidência solar, carregamentos estático e dinâmico, impacto e peso próprio (Pacheco e Vieira, 2017). A exposição á intempérie pode provocar a curto, médio, ou longo prazo o surgimento de danos que conduzem alterações nas propriedades dos elementos que constitui a fachada. Tais alterações podem afetar desde a estética, até a diminuição do desempenho e, conseqüentemente, a durabilidade. Para minimização desses impactos é de suma importância que os projetos e as etapas construtivas sejam executados corretamente, haja manutenções e inspeções periódicas e não ocorra a omissão ou não seguimento das especificações de projetos de revestimento de fachada ou má escolha de material (Antunes, 2010).

Qualquer fenômeno de degradação que ocorra em um ou mais de um elemento do sistema de revestimento (elementos cerâmicos, rejunte, argamassa colante e emboço) pode se propagar e, ao provocar um processo progressivo de degradação poderá comprometer o desempenho global da fachada (Bauer *et al.*, 2010). Logo, se o processo de degradação não for tratado no início, pequenos danos, poderão implicar em elevados custos de reparo no futuro, além da evolução rápida da degradação leve para problemas físicos reais da fachada (Silvestre e Brito, 2011).

O conhecimento dos motivos que provocam a degradação possibilita o devido tratamento ainda na fase de projeto. Sendo possível assim, estipular medidas corretivas e preventivas para garantir que o desempenho seja cumprido o que evita altos custos de reparação futuras.

Nesse âmbito, a presente pesquisa visa investigar a degradação em seis edifícios de revestimento misto (cerâmico e em argamassa) por meio do Método de Mensuração de Degradação (MMD) e por curvas de probabilidade. A partir da aplicação do método é possível notar o comportamento de degradação da fachada para cada tipo de revestimento (cerâmico ou em argamassa), assim associar os tipos de revestimentos aos tipos de danos, tipo de zonas de fachada

e tipo de orientação cardinal das fachadas.

Dentro do tema, várias pesquisas foram feitas pelo Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília, sendo aplicadas ao cenário de Brasília, algumas das quais consistem em referências para este trabalho:

- ANTUNES (2010) – Estudo de manifestações patológicas em revestimentos de fachadas – Sistematização de incidência de casos.
- SILVA (2014) – Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada – Aplicação ao caso de Brasília-DF.
- SANTOS (2017) – Catalogação de patologias em fachadas de edifícios residenciais de Brasília.
- SOUZA (2019) – Impacto dos fatores de degradação sobre a vida útil de fachada de edifícios.
- PIAZZAROLLO (2019) – Estudo da evolução e da gravidade da degradação nas diferentes zonas componentes da fachada.
- MOTA (2021) – Estudo da iniciação e da propagação da degradação de fachadas com revestimento em argamassa.

Esta pesquisa se difere das citadas acima pelo tipo de revestimento dos edifícios estudados. Enquanto que algumas focam em edifícios com revestimento cerâmico ou em argamassa individualmente, esta analisa edifícios que possuem revestimento misto, ou seja, as fachadas dos mesmos possuem os dois tipos de revestimento. Uma vez que há poucos estudos sobre o revestimento misto, esta pesquisa visa contribuir e auxiliar em pesquisas futuras com esse tema.

2 OBJETIVOS

Essa pesquisa tem como objetivo geral investigar a degradação em sistemas de revestimento de fachada de edifícios residenciais com revestimento misto localizados em Brasília, Brasil, por meio da aplicação do Método de Mensuração de Degradação (MMD) e curvas de probabilidade.

2.1 Objetivos específicos

Simultaneamente ao objetivo geral os objetivos específicos considerados são:

- Identificar e quantificar os danos mais frequentes no sistema de revestimento cerâmico e de argamassa de fachadas por meio do MMD;
- Avaliar quais os tipos de revestimento apresentam maior intensidade de danos, por meio de curvas de probabilidade;
- Indicar quais orientações cardeais das fachadas são mais propensas ao surgimento de danos, por meio de curvas de probabilidade;
- Diferenciar quais as zonas de fachada são mais suscetíveis a degradação;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Durabilidade

A NBR 15575-1 (2013) define a durabilidade como a capacidade do edifício ou de seus sistemas de desempenhar suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas, até um estado limite de utilização. De acordo com essa norma a durabilidade do edifício e de seus sistemas é um requisito econômico do usuário, pois está diretamente associado ao custo global do bem imóvel. A durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de atender às funções que lhe forem atribuídas, quer seja pela degradação que o conduz a um estado insatisfatório de desempenho, quer seja por obsolescência funcional.

A NBR 15575-1 (2013) traz como requisito que para as paredes externas devem ser limitados os Deslocamentos, Fissurações e Falhas nas Paredes Externas, incluindo seus revestimentos, em função de ciclos de exposição ao calor e resfriamento que ocorrem durante a vida útil do edifício (Cerqueira, 2018). A vida útil é o período de tempo compreendido entre o início de operação ou uso de um produto e o momento em que o seu desempenho deixa de atender aos requisitos do usuário preestabelecidos (NBR 15575-1, 2013), ou seja, é o tempo, após a instalação de um material ou componente de uma edificação, durante o qual o seu desempenho excede os valores mínimos aceitáveis, quando sofrerem manutenção rotineira, conforme Tabela 1 (Silva, 2014).

Tabela 1 – Exigência do usuário (Silva, 2014; adaptado da ABNT NBR 15575-1, 2013)

Exigências do Usuário	Requisitos e critérios
Segurança	Segurança estrutural Segurança contra o fogo Segurança no uso e na operação.
Habitabilidade	Estanqueidade Conforto térmico Conforto acústico Conforto lumínico Saúde higiene e qualidade do ar Funcionalidade e acessibilidade Conforto tátil e antropodinâmico.
Sustentabilidade	Durabilidade Manutenibilidade Impacto ambiental

A durabilidade dos sistemas que compõem o edifício habitacional está ligada à agressividade do meio ambiente, às propriedades inerentes dos elementos e de seus componentes e à interação entre ambos ao longo do tempo (Silva, 2014). Os revestimentos de fachadas estão sujeitos a uma série de solicitações que influenciam na sua durabilidade (Figura 1), tais como a ação do vento, chuva dirigida, radiação solar, cargas, condições de uso, clima interno, entre outros (Freitas *et al.*, 2013; Francinete *et al.*, 2015; Kazmierczak *et al.*, 2016).



Figura 1 – Solicitações em sistema de vedação vertical (Kazmierczak *et al.*, 2016)

Devido a exigência de durabilidade, o edifício deve manter a capacidade funcional durante a vida útil prevista em projeto sem os sinais de desgaste, desde que realizadas as intervenções periódicas de manutenção e conservação (NBR 15575-1, 2013). A vida útil de projeto (VUP) é período estimado de tempo para o qual um sistema é projetado, a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos, assim, o projeto deve especificar o valor teórico para a VUP para cada um dos sistemas que o compõem, não inferiores aos estabelecidos na Tabela 2, e deve ser elaborado para que os sistemas tenham uma durabilidade potencial compatível com a VUP (NBR 15575-1, 2013).

Tabela 2 – Vida útil de projeto (VUP)* (NBR 15575-1, 2013)

Sistema	VUP mínima em anos
Estrutura	≥ 50 (Conforme ABNT NBR 8681)
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20

* Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 14037.

3.2 Degradação

A NBR 15575-1 (2013) define a degradação como redução do desempenho devido à atuação de um ou de vários agentes de degradação. Sendo que esse é considerado como tudo aquilo que age sobre um sistema, contribuindo para reduzir seu desempenho. A degradação das edificações e mais especificamente dos seus componentes resulta do efeito do uso e de fenômenos climáticos naturais que provocam ações químicas, físicas e mecânicas que degradam a edificação e seus componentes, principalmente no sistema de envoltória, uma vez que a envoltória está diretamente exposta a elementos climáticos (Souza *et al.*, 2018). A degradação dos edifícios quando não tratada de imediato progride para estágios mais avançados o que afeta negativamente a durabilidade e desempenho das edificações podendo ocorrer a redução de vida útil dos seus elementos.

Os fatores que comprometem adversamente o desempenho dos componentes e materiais do edifício e que podem acarretar na degradação são chamados de agentes de degradação das fachadas, podendo ser definidos como quaisquer e pode ser ligado ao clima, biológicos, mecânicos, incompatibilidades e fatores de uso (ASTM E632, 1996; BS ISO 15686-2, 2012). Os agentes possuem diversas procedências, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Natureza dos agentes de degradação (ISO 15686-2, 2012 apud ISO 6241, 1984)

Natureza	Classe
Agentes mecânicos	Gravidade Esforços e deformações impostas ou restringidas Energia cinética Vibração e ruídos
Agentes eletromagnéticos	Radiação Eletricidade Magnetismo
Agentes Térmicos	Níveis extremos ou variações muito rápidas de temperatura
Agentes químicos	Água e solventes Agentes oxidantes Agentes redutores Ácidos Bases Sais Quimicamente neutros
Agentes biológicos	Vegetais e microrganismos Animais

O grau de degradação depende dos elementos da fachada em análise (estrutura, paredes, revestimentos), do seu comportamento estrutural, das propriedades dos materiais e das condições climáticas. Deste modo deve-se considerar a época do ano, a localização geográfica do edifício, a direção das fachadas expostas, o ambiente, a forma e dimensão do edifício, as manutenções realizadas, os cuidados na inspeção e a quantificação dos danos, entre outros fatores que interferem no processo de mensuração da degradação (Santos, 2018).

O conhecimento do comportamento dos revestimentos auxilia na diminuição dos efeitos dos agentes de degradação. Uma vez que, a ação dos mesmos depende diretamente das características do projeto e da construção, onde a especificação de materiais e sistemas deve ser adequadamente definida para se alcançar o desempenho e vida útil especificados (Addessi *et al.*, 2020).

3.3 Tipos de revestimentos

De acordo com a NBR 13529 (2013), o sistema de revestimento é um conjunto formado por revestimento de argamassa e acabamento decorativo, compatível com a natureza da base, condições de exposição, acabamento final e desempenho, previstos em projeto. Já os revestimentos externos são os revestimentos de fachada, muros e outros elementos da edificação em contato com

o meio externo. O revestimento externo é a primeira barreira contra a entrada da água e de agentes deletérios, além de possuir como funções básicas a regularização da superfície e a proteção das alvenarias e das estruturas de concreto, portanto, um revestimento eficiente é vital para garantir a durabilidade das construções, bem como contribuir com o desempenho geral dos fechamentos da edificação (Silva, 2006; Vieira, 2019).

Há grandes variações nas funções atribuídas à utilização dos sistemas de revestimento, dependendo em grande parte da concepção do edifício, suas fachadas e paredes e do sistema de revestimento selecionado. As opções a empregar são muito grandes. Podem-se utilizar sistemas que empreguem peças cerâmicas assentes sobre emboço argamassado, empregar subsistemas de pintura consorciados à argamassa (em uma, duas ou várias camadas), utilizar sistemas com o emprego de placas de rocha (por exemplo, placas de granito, mármore), dentre vários (Bauer, 2005).

3.3.1 Revestimento em argamassa

A NBR 13529 (2013) define o revestimento em argamassa como o cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final. Segundo essa norma a constituição de um sistema de revestimento em argamassa pode ser de camada única ou de duas camadas, sendo que a camada única é composta por um único tipo de argamassa aplicada sobre a base de revestimento, em uma ou mais demãos. Já o revestimento de duas camadas é constituído por emboço e reboco aplicados sobre a base de revestimento, conforme ilustrado na Figura 2.

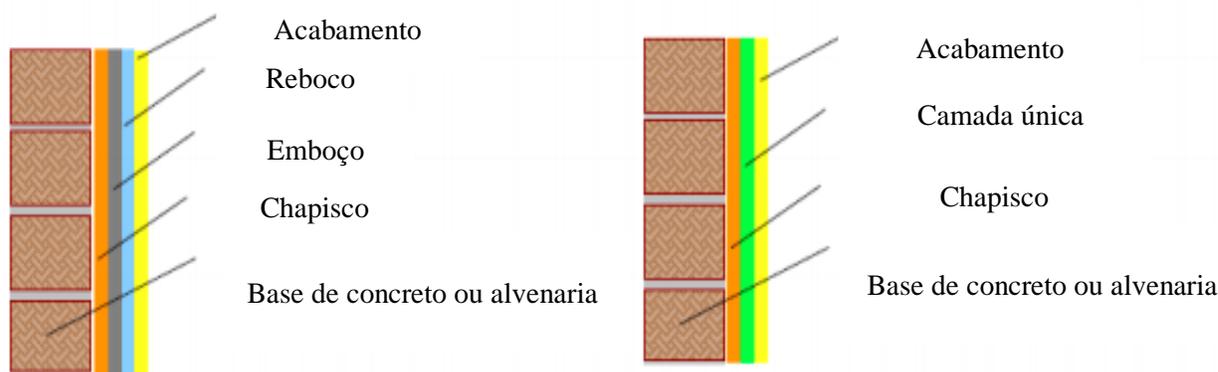


Figura 2 – Camadas constituintes do revestimento em argamassa (Diogo, 2007)

Quanto às camadas constituintes do revestimento em argamassa, observa-se a tendência de empregar procedimentos em camada única, diminuindo os custos da mão-de-obra pertinentes. Contudo, as peculiaridades de diferentes situações frequentemente exigem soluções mais específicas para cada caso (Bauer, 2005).

Dependendo das proporções entre os constituintes da mistura e sua aplicação no revestimento, a NBR 13529: 2013 denomina a argamassa quanto ao seu emprego, podendo ser argamassa de chapisco, argamassa de emboço e argamassa de reboco. O chapisco é a camada de preparo da base com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento. O emboço é uma camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final. Já o reboco é uma camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final (Santos, 2018).

As propriedades dos revestimentos no estado endurecido contribuem com o desempenho do mesmo, além de estarem diretamente ligadas à ocorrência de danos. Várias de suas propriedades, como: aderência, capacidade de absorver deformações, resistências mecânicas, entre outras, irão influenciar diretamente no desempenho mecânico do revestimento (Santos, 2018).

A capacidade de absorver deformações está associado com o dano da Fissura, pois o revestimento em argamassa é constantemente imposto a deformações por esforços internos e externos, sendo desejado que esse sistema seja capaz de absorver as deformações sem se romper ou fissurar drasticamente. A resistência mecânica das argamassas consiste na capacidade de resistir a esforços de tração, compressão ou cisalhamento resultantes de cargas estáticas ou dinâmicas, ou ainda decorrentes das condições ambientais. Na argamassa essa propriedade é adquirida com o aumento do consumo de cimento na mistura, esse aumento provoca o aumento do módulo de elasticidade. Se esse aumento for demasiado resulta em um sistema de revestimento pouco deformável, elevando o risco a Fissuras e Descolamento de parte do revestimento (Bauer, 2005; Musse, 2017).

A aderência se desenvolve através da ancoragem mecânica da argamassa com o substrato através das rugosidades e textura da interface, e também pela condição de atrito propiciada pelos compostos hidratados dos aglomerantes que penetram na porosidade do substrato. Se essa

propriedade for baixa aumenta o risco de Descolamento do revestimento (Bauer, 2005).

3.3.2 Revestimento cerâmico

O Revestimento Cerâmico pode ser entendido como um conjunto formado pelas placas cerâmicas, pela argamassa de assentamento e pelo rejunte. Esse revestimento é largamente utilizado no Brasil, sendo usualmente aplicado sobre uma camada de argamassa de regularização (emboço), previamente executada sobre os substratos de concreto e alvenarias que compõem a parte estrutural e de vedação das edificações (Silva, 2014). A Figura 3 esquematiza as camadas constituintes do Revestimento Cerâmico.

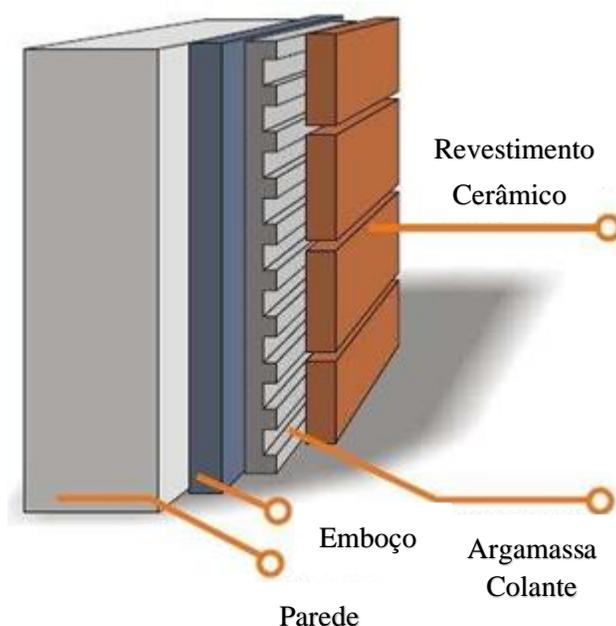


Figura 3 – Camadas constituintes do revestimento cerâmico (CCB, 2009)

A NBR 13755 (2013) prescreve a obrigatoriedade de um projeto de revestimento de fachada (PRF). Esse projeto constitui de um conjunto de informações gráficas e descritivas sobre os detalhes construtivos do revestimento cerâmico de uma construção. O mesmo deve ser desenvolvido por um profissional legalmente habilitado e pode ser subcontratado ou desenvolvido internamente pela construtora, na forma de procedimentos.

O PRF visa produzir detalhes construtivos e especificações técnicas de materiais e métodos construtivos adequados a cada situação. As diversas camadas que compõem o sistema, se fossem

de movimentação livre, apresentariam comportamento bastante diferenciado das camadas que apresentam quando integrados ao sistema, que impõem restrições e levam ao surgimento de esforços internos. Estes esforços tendem a ser tão mais expressivos quanto mais rígidas as camadas e, caso atinjam valores excessivos, podem levar ao surgimento de Fissura, perda de aderência e outros problemas (NBR 13755, 2013).

De acordo com a NBR 13755 (2017) o PRF deve levar em consideração diversos fatores, dentre os quais se destacam:

- a) estado-limite de serviço da estrutura: com vistas a inferir possíveis deslocamentos excessivos e que comprometem a estabilidade do revestimento;
- b) cronograma de execução da estrutura;
- c) exigências arquitetônicas: paginação das placas em função do tamanho dos panos e da presença de juntas de movimentação;
- d) tipo de emboço: rigidez (módulo de elasticidade), resistência mecânica e resistência superficial;
- e) características e propriedades das placas: espessura, tamanho, cor, dilatação térmica, absorção de água, expansão por umidade (EPU), esmaltada/não, esmaltada;
- f) características e propriedades da argamassa colante: resistência de aderência à tração e capacidade de absorver deformações;
- g) características e propriedades do rejunte: rigidez, aderência à lateral das placas, resistência mecânica;
- h) características e propriedades do selante;
- i) variação térmica: condições climáticas a curto e médio prazos, insolação das fachadas, temperatura à época do assentamento. Antes do início do assentamento das placas, o projeto de revestimento de fachada deve estar concluído e as equipes de obra – produção, controle e apoio logístico (almoxarifado, transporte) devem estar treinadas em todos os detalhes técnicos e estéticos envolvidos na produção.

3.4 Danos mais recorrentes

São diversos os mecanismos e fatores que acarretam no aparecimento de danos em sistemas de revestimento cerâmico de fachada. Neste contexto, preocupa não só os ciclos de umedecimento e a secagem do sistema de revestimento, como também as mudanças químicas e físicas na estrutura,

causadas pela ação complexa da umidade, mudanças de temperatura, radiação e formação e transferência de sais (Piazzarollo, 2019).

Bauer *et al.* (2015) descreve que o estudo dos danos de fachada consiste na análise de todos os casos observados nas fachadas e sua interação com o meio ambiente, associando os fatores que causam os danos com os fenômenos de degradação observados na inspeção. Dentre os danos que incidem sobre o sistema de revestimento cerâmico e de argamassa, são detalhados os observados a seguir.

3.4.1 Descolamento

Dentre os danos que possuem ocorrências mais significativas em revestimento de fachadas, deve se ter uma atenção especial aos casos de Descolamento, pois esse dano é um indicativo de perigo para pedestres e usuários do imóvel, além de gerar um ponto vulnerável a entrada de água causando mais degradação e também devido ao efeito estético indesejado causando por esse dano (Percio, 2019). Esse dano é caracterizado pela perda de aderência das placas cerâmicas do substrato, ou da argamassa colante, quando as tensões surgidas no revestimento cerâmico ultrapassam a resistência e aderência entre as camadas que compõe o sistema de revestimento (Silva, 2014).

Bauer *et al.* (2011) em um estudo de fachadas com revestimento cerâmico concluíram que o dano mais incidente em edifícios de Brasília, Brasil é o Descolamento Cerâmico. Ainda nesse estudo foi observado que as maiores incidências ocorreram em edifícios de menor idade. Nesse contexto, foi concluído que o Descolamento observado nos edifícios jovens (10 anos), muito provavelmente tem origem no processo de execução e falhas de materiais. Sendo destacado também que argamassas colantes não especificadas e controladas adequadamente, pode resultar na insuficiência de desempenho das mesmas para o atendimento dos quesitos mínimos necessários.

Um aspecto importante inerente ao sistema de revestimento cerâmico de fachada é o grande número de insumos envolvidos na sua produção. Nesse processo, todos os componentes podem, de alguma forma, alterar ou comprometer o desempenho global, através das características da base, das argamassas de emboço e de assentamento, da placa cerâmica, do rejunte e das juntas. Como se pode observar, com um número de variáveis tão grande, o controle da produção deve ser qualificado e com estudo adequado, uma vez que envolve desde os projetos, os materiais, a

produção e até mesmo as atividades de operação (uso e manutenção) (Just e Franco, 2001). A Figura 4 ilustra esse dano.



Figura 4 – Descolamento Cerâmico (Bauer, 2010)

O Descolamento de revestimento em argamassa é caracterizado pela perda da aderência ao substrato (camada subjacente). Esse dano se manifesta através do destacamento da argamassa em relação ao substrato. Geralmente esse dano ocorre devido a incapacidade do revestimento em resistir aos esforços de flexão e torção solicitados na camada rígida do revestimento; conseqüentemente, o reboco descola e cai, sob a forma de placas com geometria irregular (Santos, 2018). Outros fatores que podem estar ligados ao surgimento desse dano são: materiais inadequados, execução incorreta, falta do uso de chapisco, entre outros.

Este dano pode ser minimizado, ou até mesmo evitado, através da aderência adequada entre as camadas constituintes do sistema de vedação. Isso faz com que as tensões sejam distribuídas de forma equilibrada, admitindo uma maior resistência aos movimentos entre as camadas. Isso pode ser alcançado com a limpeza do substrato, uso camada de chapisco, uso de materiais e procedimentos adequados, execução da cura do revestimento, dentre outras (Santos, 2018). A figura 5 ilustra esse dano.

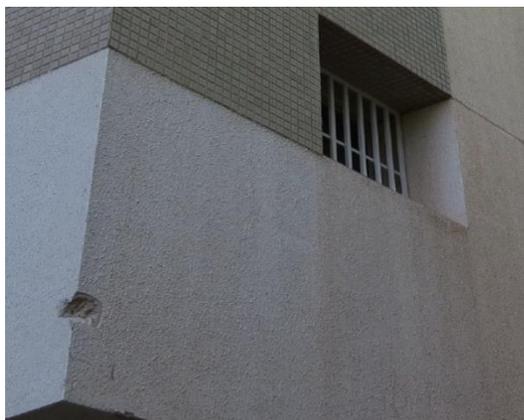


Figura 5 – Descolamento do revestimento em argamassa (Fonte: Autor).

3.4.2 Eflorescência

Outro dano que pode ser encontrado nas fachadas é a Eflorescência, que se caracteriza pela precipitação de sais minerais solúveis em água até a superfície do revestimento formando depósitos salinos esbranquiçados na fachada e provocando deterioração do sistema. (Luz, 2004). Seu aparecimento está diretamente associado ao teor de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes, a presença de água e a diferença de pressão hidrostática para propiciar a migração da solução para a superfície. Para que este fenômeno se manifeste é imprescindível que as três condições coexistam (Uemoto, 1988; Piazzarollo, 2019).

Os sais solúveis que dão origem às Eflorescências podem ter várias origens, dentre elas as matérias-primas, os materiais de construção, a água existente no subsolo, etc. Inicialmente esse dano causa apenas alterações estéticas no edifício, alterando a aparência da superfície do revestimento, porém, se não tratada, ela se tornará mais agressiva causando desagregação de partes do revestimento (Chaves, 2009). A Tabela 4 apresenta as principais causas da ocorrência da Eflorescência e a Figura 6 ilustra a Eflorescência em revestimento cerâmico.

Tabela 4 – Principais causas da ocorrência de Eflorescência (Santos, 2018)

Natureza	Causas
Estruturais	Argamassa muito porosa Falta de estanqueidade de ambientes internos
De ações naturais	Física (efeitos do vento e da chuva, evaporação, umidade, capilaridade) Química (cristalização de sais)
	Dosagem incorreta dos materiais ou uso de materiais

Quanto ao processo (execução ou projeto)	não adequados Deterioração dos materiais e/ou falta de manutenção Falha de vedação ou defeito que possibilita penetração ou acúmulo de água Falhas ou Fissuras na fachada
--	--



Figura 6 – Eflorescência em sistema de revestimento cerâmico (Bauer, 2010).

3.4.3 Fissura e gretamento

O gretamento é identificado por pequenas fissuras, semelhantes a um fio de cabelo, na superfície esmaltada do elemento cerâmico. Essas fissuras apresentam formato circular, em espiral ou em forma de aranha. O gretamento pode ocorrer já na fase de fabricação, bem como pode surgir com o tempo em uso da cerâmica (Antunes, 2010). A expansão por umidade quase sempre é o fator causador do gretamento das placas cerâmicas (Almeida, 2012). Nesse contexto, vale salientar que para a indústria cerâmica para revestimento, o gretamento é considerado um defeito de fabricação.

A Fissura é um dano decorrente da fratura ou ruptura, principalmente ocasionada por alterações dimensionais, do deslocamento e das variações de volume. Essas variações podem ser associadas às mais diversas causas e os mecanismos causadores geralmente são decorrentes de processos físicos, químicos ou mecânicos. Frequentemente o problema não está no revestimento, mas na base sobre a qual o mesmo foi aplicado (Santos, 2018; Santos 2017).

As alterações dimensionais é uma das principais alterações físicas provocadas pela temperatura. Essas são responsáveis por gerar tensões que levam ao aparecimento de deformações e Fissura no edifício. Isso nos alerta sobre a necessidade de conhecer os materiais utilizados durante a execução, sugerir dosagens de argamassa específicas ao tipo de substrato adotado, além da previsão de juntas de dilatação (Antunes, 2010).

O surgimento de Fissura no revestimento merece especial atenção, pois pode acarretar

outros danos, tais como Manchas, Eflorescências, Falha de Rejunte e até mesmo o Descolamento Cerâmico. Isso ocorre devido a penetração de agentes externos, especialmente a água, por meio da Fissura. (Antunes, 2010; Piazzarollo, 2019).

Silva *et al.* (2014) concluiu em estudo de sistema de revestimento cerâmico de fachadas de Brasília-DF que os danos mais incidentes em fachadas eram: Descolamento Cerâmico e Fissura. Junto a isso, foi associado esses danos aos efeitos térmicos oriundos da incidência solar. Pereira (2007) também cita que o período que ocorre maior Fissuração e Descolamento em fachadas de Brasília coincide com a época do ano mais quente e seca. Nessa época, a execução do revestimento de fachada pode ficar comprometida devido a maior possibilidade da ocorrência da retração de secagem da argamassa, o que provoca a Fissuração (Antunes, 2010).

A NBR 16648 (2018) estipula critério de avaliação quanto a suscetibilidade de Fissura em argamassa técnica decorativa (mistura de um ou mais aglomerantes inorgânicos, agregados e água, podendo ou não conter pigmentos, aditivos e adições), de acordo com a Tabela 5. Esse critério leva em consideração algumas propriedades da argamassa, sendo elas retração (variação dimensional), módulo de elasticidade e relação do módulo de elasticidade e resistência a tração na flexão. A Figura 7 e a Figura 8 ilustram a Fissura em revestimento cerâmico e em revestimento em argamassa de fachada, respectivamente.

Tabela 5 – Critério de avaliação da suscetibilidade à Fissuração (adaptado: NBR 16448, 2018)

Característica	Classificação da suscetibilidade à fissuração			Critério de aceitação
	Fraca	Média	Forte	
Varição dimensional - Retração $\Delta L/L$ (mm/m)	$\Delta L/L \leq 0,7$	$0,7 < \Delta L/L \leq 1,2$	$\Delta L/L > 1,2$	O produto deve ser rejeitado se apresentar mais de uma característica avaliada como forte.
Módulo de elasticidade (GPa)	$E \leq 7,0$	$7,0 < E \leq 12,0$	$E > 12,0$	
Módulo de Elasticidade (GPa) /resistência à tração na flexão (Mpa)	$E/Rt \leq 2,5$	$2,5 < E/Rt < 3,5$	$E/Rt \geq 3,5$	



Figura 7 – Fissura em sistema de revestimento cerâmico de fachada (Delazeri, 2018)

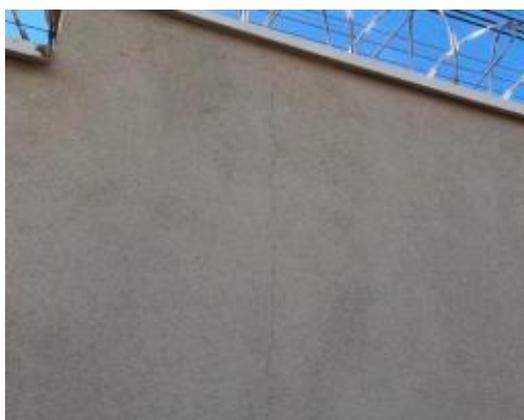


Figura 8 – Fissura em sistema de revestimento em argamassa (Terrezo, 2021)

3.4.4 Falha de rejunte

O rejunte tem a função a impermeabilização do revestimento, evitando a penetração de água para as camadas internas da fachada (Bauer *et al.*, 2006). Entre os danos que são observados frequentemente em sistema de revestimento cerâmico é a falha de rejunte entre as peças cerâmicas que ocorre pela ausência ou deterioração do rejunte nas juntas entre as peças (Figura 9). Dentre as diversas causas da deterioração das juntas, destaca-se os impactos nas regiões de encontro, especialmente com as esquadrias, e a ação das intempéries (insolação, ação da água) (Saraiva, 1998; Souza *et al.*, 2015).

A NBR 14992 (2003) define os requisitos mínimos e os tipos de argamassa à base de cimento Portland para o rejuntamento de placas cerâmicas. Sendo que o tipo I é para uso externo (desde que não excedam 20 m² e 18 m²) e interno, aplicação restrita a ambientes de trânsito de pedestres não intenso, pode ser aplicado somente em placas com absorção de água acima de 3%.

Já o tipo II é para uso interno e externo (de qualquer dimensão), aplicação pode ser efetuada em ambientes de trânsito de pedestres, pode ser aplicado em placas cerâmicas com absorção de água inferior a 3% e por fim pode ser aplicado em ambientes internos e externos com presença de água estancada (piscina, espelhos d'água e outros). A Tabela 6 ilustra essa classificação bem como os requisitos.

Tabela 6 – Tipos de A.R. e requisitos mínimos (adaptado da NBR 14992, 2003)

Método/propriedade	Idade de ensaio	Tipo I	Tipo II
Retenção de água (mm)	10 min	≤ 75	≤ 65
Varição dimensional (mm/m)	7 dias	$\leq 2,00 $	$\leq 2,00 $
Resistência à compressão (MPa)	14 dias	≥ 8	≥ 10
Resistência à tração na flexão (MPa)	7 dias	≥ 2	≥ 3
Absorção de água por capilaridade aos 300 min (g/cm^2)	28 dias	≤ 6	$\leq 0,30$
Permeabilidade aos 240 min (cm^3)	28 dias	≤ 2	$\leq 1,0$

Sousa *et al.* (2021) complementa que a falha de rejunte pode surgir devido a definição inadequada da espessura utilizada, no preparo e aplicação inadequada do material, erros de projetos e de aplicações inadequadas. Outro fator que acarreta na falha de rejuntamento é pela ação da insolação, bem como também pela ação da água a longo prazo. Em edifícios de maior idade é muito comum encontrar-se o rejunte total ou parcialmente destacado, e, em alguns casos fissurado (Silva, 2014). A Figura 9 ilustra esse dano.



Figura 9 – Falha de rejunte (Silva, 2014).

3.4.5 Falha de vedação

A falha de vedação (Figura 10) é caracterizada pela danificação de juntas principalmente na circunvizinhança de janelas e aberturas, por onde ocorre penetração de água de chuva (Bauer *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2014). Esse tipo de dano pode ser associado à queda do rejunte, a má aplicação ou falta de manutenção e ainda pode ser decorrente do processo de corrosão de esquadrias metálicas. A ausência de rejunte na interface esquadria/alvenaria pode provocar outros danos, uma vez que permite que a água percole pela abertura levando ao surgimento de infiltrações (Antunes, 2010).



Figura 10 – Falha de rejunte (Silva *et al.*, 2014).

3.4.6 Bolor

O Bolor (Figura 11) é decorrente da proliferação de microrganismos (fungos emboloradores). O revestimento de fachada fica sujeito a esse dano quando está submetido a grandes períodos de umidade. Isso ocorre quando a fachada está sujeita à maiores cargas de chuvas dirigidas e/ou menor radiação solar, dependendo da região e orientação geográfica do edifício (Santos, 2019).

O desenvolvimento de fungos em revestimentos internos ou de fachadas causa alteração estética de tetos e paredes, formando manchas escuras indesejáveis em tonalidades preta, marrom e verde, ou ocasionalmente, manchas claras esbranquiçadas ou amareladas. Além da questão estética, outro fator importante é a ocorrência de doenças respiratórias nos moradores de

residências com Bolor. Os fungos causadores desse dano são reconhecidos como alergênicos, provocando o aparecimento de rinite e asma em indivíduos com predisposição a esse tipo de disfunção respiratória (Shirakawa, 1995).

Os materiais utilizados no revestimento podem acarretar o surgimento de Bolor contendo, por exemplo, nutrientes necessários para o crescimento de fungos. No entanto, o bolor não aparecerá até que exista umidade suficiente para a germinação dos esporos. Assim, a água absorvida pelo revestimento é um fator determinante para o aparecimento, manutenção e extensão do Bolor no revestimento (Shirakawa, 1995).

Os fatores determinantes para o surgimento e proliferação dos fungos são vários. Dentre esses, Sedlbauer (2001) destaca: a temperatura superficial da parede, umidade relativa próximo à superfície, presença de nutrientes e teor de sal no substrato, ph na superfície do substrato, tempo de exposição a esses fatores e quantidade de oxigênio. Em estudo, Sedlbauer (2001) conclui que temperaturas acima de 10° e umidade relativa do ar acima de 80% é suficiente para a proliferação de mais de 200 espécies de fungos emboloradores.

Santos (2019) afirma que os materiais do sistema de revestimento das envoltórias e as condições de uso pode ser decisivo quanto ao desenvolvimento de fungos emboloradores, uma vez que, esses podem contribuir ou não com o aumento de umidade na parede. Atualmente com ferramentas que permite analisar esse comportamento dos materiais, é possível ainda na fase de projeto escolher as melhores opções para evitar o surgimento desse dano.



Figura 11 – Bolor e Mofo (Silva, 2021)

Esse tipo de dano se não tratada prejudica tanto a saúde dos usuários quanto a estética da residência e conseqüentemente sua desvalorização (Silva, 2021). Esse dano afeta o sistema

respiratório, constituindo um assunto importante para a qualidade dos ambientes internos (Shirakawa, 1995).

3.4.7 Mancha de Sujidade

A sujidade ocorre na deposição de partículas presentes na atmosfera, tais como fuligem e poeira, ou mesmo decorrentes da própria fachada (Santos, 2018). A causa imediata do aparecimento de sujidades é a contaminação atmosférica e, em particular, a fração sólida ou o conjunto de partículas suspensas na atmosfera suscetíveis de se acumularem sobre os paramentos da fachada dos edifícios, provocando uma mudança de tonalidade da superfície (Santos, 2017).

Existem vários fatores importantes que influenciam no processo da sujidade de uma fachada, como: ventos, água (da chuva e de condensação) e algumas características da fachada como porosidade do revestimento, cor e forma (Carvalho, 2018). Chaves (2009) e Santos (2017) explicam que o vento, faz dispersar as partículas transportando-as e depositando-as na fachada do edifício. A chuva, influencia pois através do seu contato com a fachada ocorre a mistura com o depósito de sujidade e o posterior arraste do mesmo. A porosidade do material, porque permite a entrada de água nos poros do revestimento, preenchendo-os com a sujidade nela contida. A forma das fachadas, influencia pois nas superfícies horizontais a deposição de partículas é maior, bem como, nas discontinuidades, que constituem pontos de acumulação de sujidades. A Figura 12 ilustra esse dano.



Figura 12 – Manchas provenientes da acumulação de sujidades (Chaves, 2009)

3.5 Mensuração de degradação

O Método de Mensuração de Degradação (MMD) tem como objetivo quantificar a degradação existente em sistemas de revestimento de fachadas de edifícios por meio de indicadores

de degradação que permitem estimativas da vida útil do sistema analisado. (Silva, 2014). O MMD foi desenvolvido por pesquisadores do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil (PECC) da Universidade de Brasília (Bauer *et al.*, 2020). Este método é composto por etapas que envolvem investigação documental, investigação de campo, ensaios e mapeamento de danos de fachada. Piazzarollo (2019) e Pinheiro (2016) explicam essas etapas acrescentando algumas observações.

1. Investigação documental

Consiste no levantamento de informações técnicas a respeito do edifício. Detalhes do sistema construtivo e estrutural, tipo de revestimento, projetos estruturais e arquitetônicos, além de informações sobre a região, orientação das fachadas, histórico de manutenção e nível de exposição às intempéries.

2. Investigação de campo

Realização de vistorias *in loco* e a realização de inspeções visuais detalhadas. Nesta fase é necessário o registro fotográfico da área de amostragem, a identificação das camadas e suas respectivas espessuras, bem como os agentes de degradação. O uso de binóculos e câmera fotográfica de alta resolução é primordial para a precisão na identificação dos danos.

3. Ensaios

Os ensaios são realizados com o objetivo de determinar características comportamentais e propriedades do revestimento, que auxiliem no entendimento do mecanismo de ocorrência dos danos e na identificação da estabilidade mecânica da fachada. Nesta etapa podem ser feitos ensaios de absorção e gretamento, aderência à tração (*pull-out*) *in loco*, ou ainda ser empregada a inspeção com termografia de infravermelho.

4. Mapeamento de danos de fachada

Fase em que é mensurada a degradação da fachada. Primeiramente, é necessário dividir as fachadas em amostras a serem estudadas e seus danos visíveis são demarcados em um desenho esquemático da área de cada amostra. O mapeamento das fachadas que apresentam ocorrência de danos divide os danos por zonas das amostras, visando quantificar a incidência de danos.

Para realizar a divisão da fachada em amostras, primeiramente deve-se diferenciar as fachadas por tipo de elemento construtivo: empenas (fachadas laterais do edifício), prumadas (fachada frontal ou traseiras do edifício) e caixas de escada (Piazzarollo, 2019). Em seguida,

realizar a especificação da orientação cardinal correspondente de cada fachada. Essa pode ser feita de acordo com os azimutes na divisão de quadrantes, conforme sugere (Silva, 2014).

- Faixa de orientação Norte compreendida entre os azimutes 315° e 44° ;
- Faixa de orientação Leste compreendida entre os azimutes 45° e 134° ;
- Faixa de orientação Sul compreendida entre os azimutes 135° e 224° ;
- Faixa de orientação Oeste compreendida entre os azimutes 225° e 314° .

A Figura 13 exemplifica a divisão da fachada em amostras. A delimitação das amostras deve atender a critérios, sendo eles: limitação da amostra quando há juntas de movimentação vertical, quando há descontinuidades do plano de fachada representadas pelas reentrâncias ou avanços, ou quando as áreas são muito pequenas ou muito extensas, sendo indicado considerar áreas máximas equivalente a 500 m^2 e áreas mínimas de 50 m^2 (Souza, 2019).

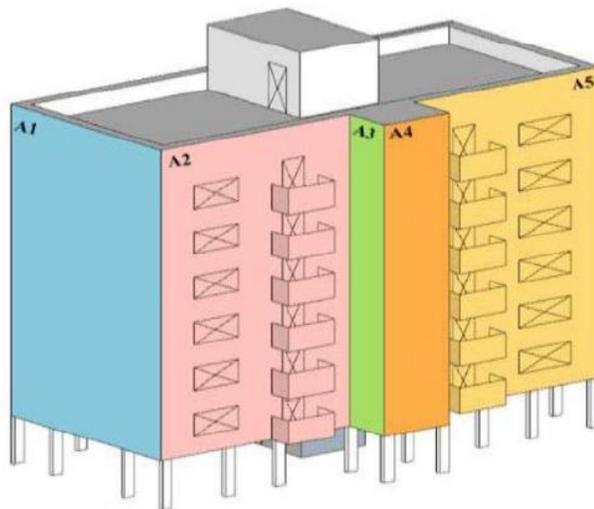


Figura 13 – Definição de amostras de fachada (Piazzarollo, 2019).

Uma vez definido as amostras, é possível avançar para etapas seguintes. A Figura 14 exemplifica algumas etapas do MMD.

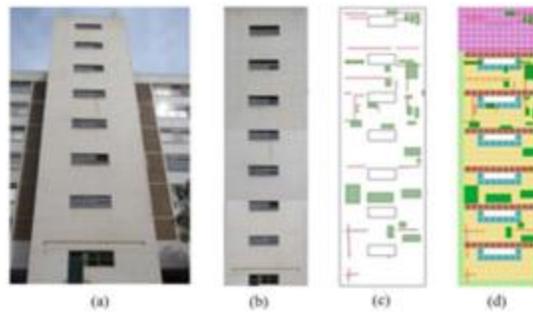


Figura 14 – Principais etapas do MMD para a quantificação da degradação. (a) Registro fotográfico; (b) Ortogonalização; (c) Mapeamento de danos e; (d) Definição das zonas (Souza, 2019)

A Figura 14a é o registro fotográfico que é efetuado na inspeção in loco, a Figura 14b é a etapa de ortogonalização que pode ser feita através de diversos softwares, sendo necessária para elaboração de esboços em uma escala adequada. A Figura 14c é o mapeamento dos danos que consiste na marcação dos danos. A Figura 14d define as zonas de fachada, sendo elas: paredes contínuas, aberturas, cantos e extremidades, sacadas, transição entre pavimentos e topo.

A divisão das zonas foi escolhida pela influência que as características de cada região desempenham na ocorrência de danos. Sacadas pelo balanço dos elementos; Aberturas, Cantos e Extremidades e Transições entre Pavimentos pela concentração de tensões e pela dilatação térmica diferencial nas regiões; Topo pela maior exposição aos agentes atmosféricos; e Paredes Contínuas pela sua extensão (Pinheiro, 2016). Esta Divisão é feita através da sobreposição ao mapeamento da fachada de uma malha que possui dimensão de 0,50 m x 0,50 m, com área igual a 0,25 m², denominados como unidades de malha. Após a sobreposição da malha são definidos os andares. Em seguida são definidas as zonas constituintes da fachada (Souza, 2019).

Pinheiro (2016) cita a classificação das unidades da malha sobreposta, em cada região da amostra de fachada:

- Sacadas (SC) – áreas de paredes que se sobressaem do plano de fachada.

Elementos que se configuram fora da linha da fachada. A particularidade dessa região é o balanço do elemento do edifício. Guarda-corpos de varandas que existirem internamente ao edifício, sem se sobressair ao plano da fachada, não são classificadas nessa região. Podem ser classificadas como parede contínua.

- Aberturas (AB) – áreas em torno de janelas e portas

As unidades da fachada que serão consideradas nessa região serão aquelas que estiverem

contornando aberturas, sobre as suas esquadrias, caixilhos ou extremidades. Unidades sobre trilhos e conexões de fechamentos de vidro sobre sacadas ou varandas também são consideradas unidades de abertura. As unidades que não estiverem contornando as extremidades e estiverem sobre a parte interior das aberturas não são classificadas em nenhuma região e não entram no somatório de área total da fachada. Falhas de vedação é um dano típicas de aberturas, porém outros danos como Fissura e Descolamento Cerâmico também podem ocorrer nessa região.

- Cantos e Extremidades (CE) – áreas de contorno do plano de fachada e de discontinuidades.

As unidades classificadas como Cantos e Extremidades serão as que estiverem diretamente ligadas as extremidades da fachada. Unidades no limite de reentrâncias ou projeções, também devem ser consideradas nessa classificação. Serão consideradas unidades de CE as que estiverem a até uma unidade de distância das extremidades. Unidades que estiverem sobre discontinuidades no plano da fachada devem ser consideradas como em regiões de cantos e extremidades caso o elemento não esteja em balanço, como por exemplo a transição entre a fachada e uma caixa de escadas que se estende a todos os andares do prédio.

- Transição entre Pavimentos (TP) – áreas entre os andares, a cada pé direito.

As unidades classificadas como transição entre pavimentos serão as que estiverem diretamente sobre a divisão entre dois pavimentos sequenciais, seja essa divisão visível por juntas horizontais ou não. Em um edifício com Pilotis, a primeira linha inferior de unidades, sobre a laje do primeiro pavimento, deve ser considerada como uma região de cantos e extremidade (CE).

- Topo (TO) – áreas acima do último pavimento.

Unidades em áreas revestidas acima da laje de cobertura do último pavimento tipo. Unidades que estiverem sobre platibandas, paredes ou outro tipo de proteção, que se ergam acima da cobertura ou terraço do prédio. Prédios escalonados, com coberturas a diferentes níveis, também devem ter unidades classificadas como Topo (TO) sobre as platibandas de cada cobertura. Áreas revestidas sobre elementos não habitáveis acima da cobertura, como caixas-d'água, casas de máquina de elevadores, depósitos de materiais, cercado de jardins, entre outros, também devem ser consideradas como Topo (TO). A transição entre o último pavimento tipo e a cobertura deve ser considerada como Transição entre Pavimentos (TP).

- Paredes Contínuas (PC) – áreas contínuas do pano.

Unidades sobre extensões sem discontinuidades da fachada. Unidades sobre planos

contínuos de revestimentos da amostra de fachada, sem peculiaridades, que não foram classificadas em nenhuma das outras regiões. Devem ser classificadas por último. Essa é a região com frequentemente maior extensão de área sobre as fachadas

Após a definição de regiões que cada unidade de malha representa, faz-se a contagem das unidades de malha com danos em cada amostra de fachada e preenche-se a Ficha de Quantificação (FQ). A FQ é um registro das informações de identificação e do valor da área da total e da área danificada, sendo classificado o tipo, o andar e a região do dano identificado (Souza, 2016).

Através da aplicação do MMD é obtido diversos indicadores de degradação, destacando o Fator de Danos (FD) e o Fator Geral de Danos (FGD). Segundo Bauer *et al.* (2021) o Fator de Danos (FD) é um indicador geral de degradação e está associado à relação entre área degradada e área da amostra. Esse indicador é mais empregado para quantificar a incidência de ocorrência (frequência) dos danos e da degradação. Sendo que, quanto maior o valor do FD maior será a presença de dano na zona analisada, logo, o indicador não avalia a importância e o impacto de cada tipo de dano no processo de degradação (Pinheiro, 2016). A quantificação das áreas degradadas geralmente é feita por dano, conforme é definido na Equação 1.

$$FD = \sum \frac{Ad(n)}{At} \quad (1)$$

Onde:

FD – Fator de Danos;

Ad – Área danificada de cada tipo de dano (n);

At – Área total do piso.

O FGD é um indicador de degradação que considera a influência e a importância de cada tipo de dano, diferentemente do FD. A partir do FGD é possível definir estágio de degradação total em edifícios do Distrito Federal (Piazzarollo, 2019). Esse indicador é obtido por meio da razão entre a área degradada ponderada por pesos referentes aos diferentes tipos de danos e a área de referência, conforme Equação 2.

$$FGD = \frac{\sum(A_{d(n)} \cdot k_{(n)} \cdot k_{c(n)})}{A \cdot \sum k_{máx}} \quad (2)$$

Onde:

FGD – Fator Geral de Danos;

$A_{d(n)}$ – Área de fachada por n tipos de danos;

$k_{(n)}$ – Nível de condição dos danos (intervalo de 1 a 4);

$k_{\text{máx}}$ – Nível da pior condição;

$k_{c(n)}$ – Importância relativa dos danos observadas;

A – Área da amostra de fachada;

n – Tipo de dano.

O comportamento dos sistemas de revestimento de fachadas, quando submetidos a diferentes condições de exposição, são verificados por meio de indicadores de degradação (Souza, 2019). Após a aplicação desta metodologia, é possível estabelecer hipóteses capazes de descrever os mecanismos específicos responsáveis pela origem e desenvolvimento dos danos nas fachadas, bem como diagnosticar a condição de degradação existente em fachadas (Piazzarollo, 2019).

4 METODOLOGIA

Primeiramente, foram escolhidos seis edifícios para o estudo, sendo que quatro possuem seis pavimentos e dois possuem sete pavimentos. Os edifícios escolhidos compõem um condomínio fechado situado em Brasília, Brasil, possuem 12 anos de idade e são duplex. Um fato determinante para a escolha desses edifícios foi o tipo de revestimento que os compõe. Sendo que os revestimentos de todos os edifícios são mistos (revestimento cerâmico e revestimento em argamassa). Esse detalhe permite que esta pesquisa investigue esses dois tipos de revestimentos e contribua ainda mais para pesquisas futuras.

A metodologia desta pesquisa foi o MMD (descrito no subitem 3.5) e as etapas realizadas estão ilustradas na Figura 15.

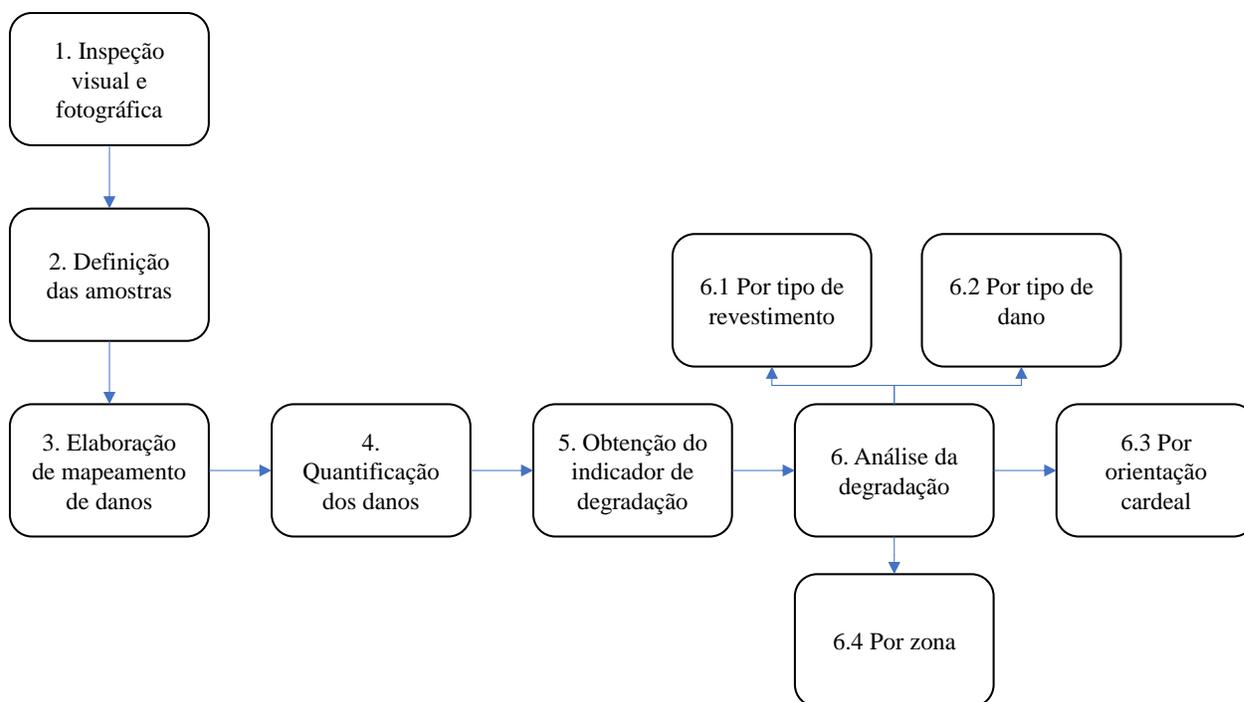


Figura 15 – Etapas da metodologia

A inspeção visual e fotográfica consistiu na visita *in loco* dos edifícios. Nessa visita foi possível fazer a inspeção visual dos edifícios e a obtenção das fotografias dos mesmos. Após a definição das prumadas e empenas da fachada dos edifícios foi possível realizar a divisão das fachadas em amostras (Figura 16). Com a divisão foram obtidas 72 amostras.

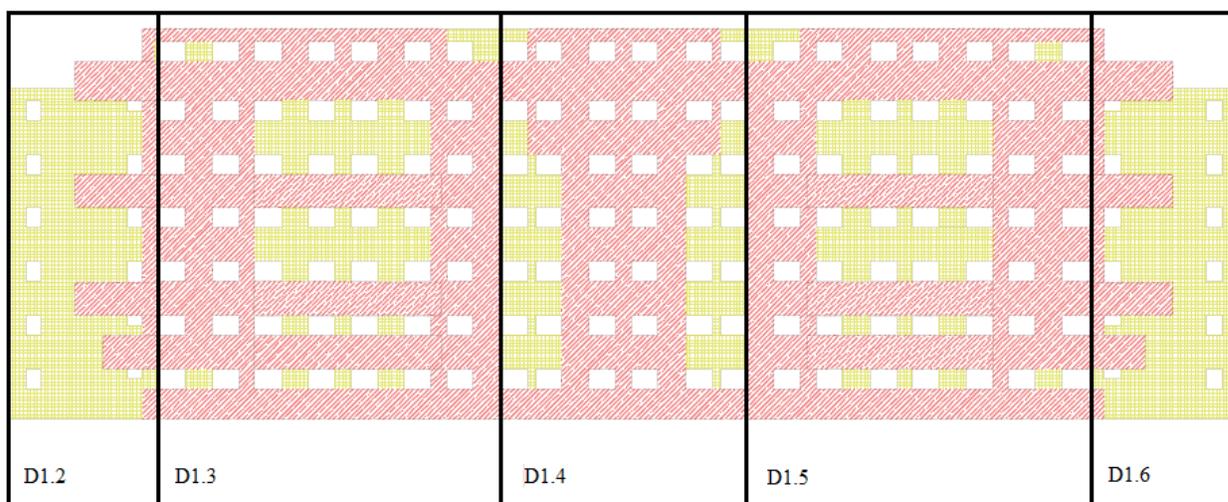


Figura 16 – Representação da prumada Oeste do edifício D dividido em amostras.

A elaboração de mapeamento de danos foi constituída pelas seguintes etapas: ortogonalização das fotografias, que foi realizada com auxílio do *software Adobe Photoshop*; elaboração do croqui; sobreposição das fotos ortogonalizadas no croqui; sobreposição de malha de $0,25 \text{ m}^2$ sobre as amostras; definição das zonas da fachada (paredes contínuas (PC), aberturas (AB), sacadas (SC), transição entre pavimentos (TP), cantos e extremidades (CE) e topo (TO); definição do tipo de revestimento (cerâmico ou em argamassa). Assim foi possível fazer a quantificação dos danos através da contagem das unidades de malha afetadas por cada dano e com a multiplicação pela área de cada unidade de malha ($0,25 \text{ m}^2$) foi obtido as áreas degradadas.

Os danos considerados nos revestimentos cerâmicos e em argamassa foram os que apareceram com maior frequência, sendo: Descolamento (DC), Fissura (FI), Falha de Vedação (VE), Eflorescência (EF), Mancha de Sujidade (MA) e Bolor (BO). O indicador de degradação utilizado na análise foi o Fator de Danos (FD), sendo obtido o FD dos danos em cada tipo de revestimento, zonas, orientações cardeias (Norte, Sul, Leste e Oeste).

Nas análises foi utilizado ferramentas de estatística básica para obtenção da frequência de ocorrência. O *software* utilizado para auxiliar na obtenção dos resultados estatísticos foi o *EasyFit*. Através desse foi possível gerar histogramas dos valores obtidos do Fator de Danos, sendo possível verificar a frequência que cada um ocorre para os diferentes fatores analisados. Esse *software* gerou, juntamente com os histogramas, curvas de probabilidade de ocorrência de cada Fator de Danos. Essas curvas foram testadas a curvas Exponencial, Logística, *Lognormal*, Normal, *Weibull* e *Student*, sendo observadas as de melhor ajuste para serem adotadas considerando os testes de

Kolmogorov, Anderson-Darling e Chi-quadrado.

Os testes de aderência avaliam se a distância da distribuição dos dados observados é significativa em relação a uma distribuição de referência. O teste de *Kolmogorov* se baseia na distância máxima entre a distribuição observada e a distribuição teórica de referência. O teste de *Kolmogorov* é recomendado para pequenas amostras, enquanto que o teste de *Chi-Quadrado* é melhor para amostras maiores. Já teste de *Anderson-Darling* valoriza às caudas da distribuição de frequência, sendo mais recomendado para distribuições assintóticas, assim, a principal vantagem desse é permitir um teste mais sensível a qualquer discrepância, e não apenas à discrepância máxima.

5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Esse tópico aborda os resultados e as análises dos resultados obtidos. Para isso, foi dividido em subtópicos. Sendo que, o primeiro aborda sobre os tipos de revestimentos (cerâmico e em argamassa) analisados, o segundo sobre os danos em cada tipo de revestimento, o terceiro sobre as orientações cardeais e o último sobre as zonas da fachada.

5.1 Influência do tipo de revestimento na degradação

A percentagem de cada tipo de revestimento em relação a área total da fachada analisada está apresentada na Figura 17.



Figura 17 – Percentual de área de cada revestimento em relação a área total da fachada.

Observando a Figura 17 nota-se que os revestimentos das fachadas estudadas apresentam maior área revestida de revestimento cerâmico, chegando a 56% de área composta por esse tipo de revestimento. Já o revestimento em argamassa abrange 44% da área total da fachada.

A Figura 18 ilustra a média dos valores resultantes da aplicação do FD em cada tipo de revestimento existente nas fachadas analisadas.

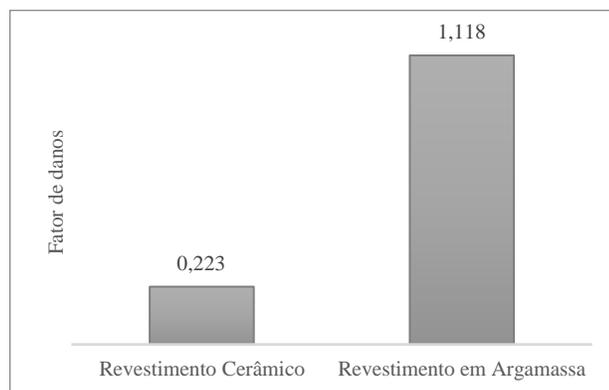


Figura 18 – Valor do FD médio para cada tipo de revestimento

Observando a Figura 18 nota-se que o revestimento em argamassa apresentou o maior valor de FD médio chegando próximo de 1,12. Enquanto que, o revestimento cerâmico apresentou valor de FD médio de 0,223. Esses valores indicam o revestimento que possui maior degradação.

A maior degradação no revestimento em argamassa pode ser explicada pelas particularidades desse sistema. Esse revestimento possui menor quantidade de processos executivos, se comparado com o revestimento cerâmico, no entanto cada processo envolve variáveis que necessitam de bastante conhecimento e cuidado durante a execução, além de ser indispensável o seguimento rigoroso das orientações estabelecidas no projeto de revestimento de fachada e de mão de obra qualificada para a execução desse sistema.

Algumas negligencias comuns no projeto ou na execução que provocam grandes danos na fachada podem ser citadas, como: ausência ou subdimensionamento de vergas e contravergas, descumprimento do tempo de espera da execução de cada camada do sistema de revestimento, dosagem ou preparo inadequado da argamassa, concepção/posicionamento/preenchimento deficiente de juntas, espessura incorreta da camada de revestimento, excesso de desempenho da argamassa, deficiência nas ligações entre os subsistemas, entre outros (Santos, 2017).

Outro fator importante é a escolha inadequada de materiais, uma vez que esses afetam diretamente as propriedades do revestimento, como: porosidade, transporte de água, ductilidade e fragilidade. Além de que a incompatibilidade das propriedades de resistência dos materiais constituintes do sistema de revestimento faz com que o sistema não resista às tensões que excedem a capacidade de aderência entre as camadas (Piazzarollo, 2019 *apud* Gaspar & De Brito, 2008; Gaspar, 2009; Bordalo *et al.*, 2010). Desta forma, observando que um tipo de revestimento degradou muito mais que o outro tipo de revestimento, ambos utilizados nos mesmos edifícios

analisados, é possível concluir, sem grandes chances de erro, que o revestimento mais degradado é devido a falhas construtivas ou de projeto.

Uma vez que o FD das fachadas com revestimento cerâmico atingiu um valor de FD médio de 0,223 é possível afirmar que esse revestimento é classificado na Condição B de degradação. As condições de degradação foram citadas nos estudos sobre Vida Útil de revestimento cerâmico por Souza (2019), na qual é definido que a Condição B refere-se a fachadas que apresentam FD entre 0,2 e 0,84. As fachadas que enquadram nessa condição possivelmente apresentam degradação pontual. Logo, se não tratadas podem ultrapassar em pouco tempo o limite de degradação aceitável. Isso pode afetar o tratamento adequado das fachadas, passando de simples correções para reconstrução de grandes áreas do revestimento das fachadas.

A Figura 19 ilustra os histogramas e curvas de probabilidades de melhor ajuste referentes aos diferentes valores do FD para cada tipo de revestimento. O teste de *Anderson-Darling* apontou a distribuição *Weibull* como melhor para o ajuste de revestimento cerâmico e em argamassa.

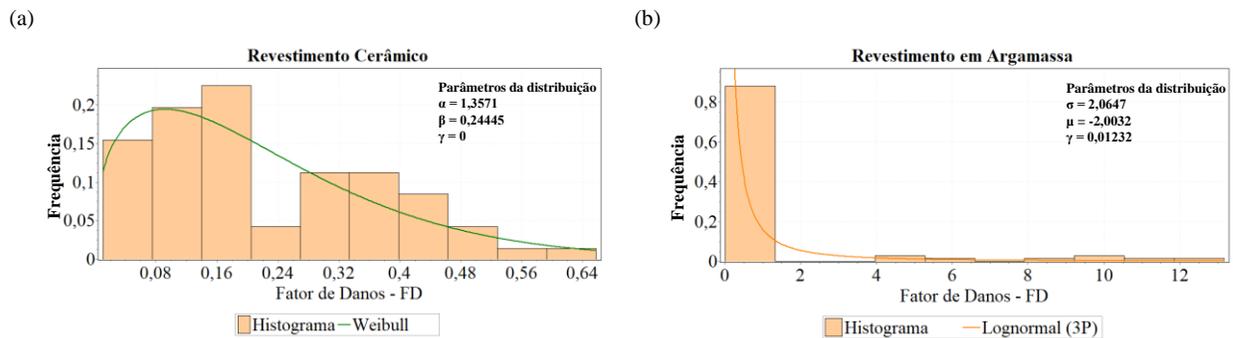


Figura 19 – Curvas de probabilidade de danos para diferentes tipos de revestimento.

Observando a Figura 19a nota-se que no revestimento cerâmico o FD que apresentou a maior probabilidade da curva foi com o valor próximo de 0,1. Para avaliação semelhante no revestimento em argamassa a Figura 19b apresentou valor próximo de 0,4. Essas probabilidades indicam as possibilidades de ocorrência dos valores de FD para cada tipo de revestimento.

É notório que no revestimento cerâmico os valores de FD variaram entre valores próximos de 0,01 e 0,64. Enquanto que o revestimento em argamassa valores próximos de 0 e 13. Isso indica que o revestimento em argamassa possui maior possibilidade de degradar em comparação ao revestimento cerâmico. No entanto, apesar de valores baixos de FD para os revestimentos cerâmico é preciso que seja seguido as recomendações de manutenções, pois ao longo do tempo esses valores

não deixarão de sofrer alterações, podendo chegar no ponto crítico de degradação.

5.2 Investigação dos danos em cada tipo de revestimento

A Figura 20 ilustra os resultados dos FD médios encontrados em cada amostra de cada tipo de dano nos diferentes tipos de revestimentos existentes nas fachadas analisadas.

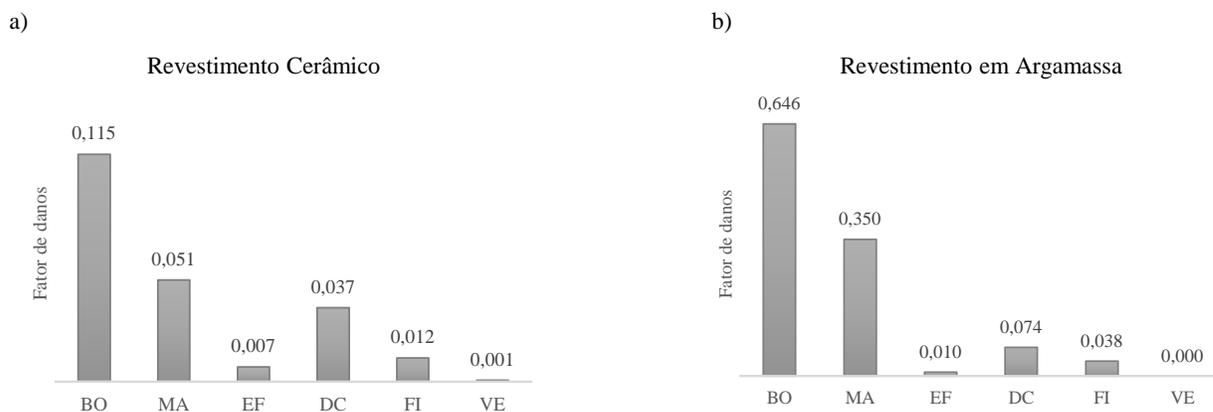


Figura 20 – Comportamento dos danos em cada tipo de revestimento.

Observando a Figura 20a nota-se que o dano de Bolor e de Mancha de Sujidade apresentaram os maiores valores de FD médio no revestimento cerâmico, sendo próximo de 0,12 e 0,05, respectivamente. Para avaliação semelhante no revestimento em argamassa (Figura 20b), o dano de Bolor e Mancha de Sujidade também se destacaram, com valores de FD médio próximos de 0,65 e 0,35, respectivamente. Já o dano que menos se destacou nos dois tipos de revestimento foi o de Falha de Vedação apresentando um FD médio abaixo de 0,001, por isso conclui-se que a análise deste dano é insignificante nesta pesquisa.

É notório que os dois tipos de revestimentos estudados apresentaram a mesma tendência em relação aos danos que tiveram maiores e menores valores de FD médio. Essa observação mostra que, possivelmente, os agentes degradantes são comuns em ambos os revestimentos. Uma vez que o Bolor é caracterizado pela presença de umidade na fachada e que a Mancha de Sujidade ocorre principalmente pelo transporte e deposição de partículas presentes na atmosfera através de ventos e chuvas, as fachadas analisadas se destacaram por estarem predominantemente expostas às chuvas dirigidas, ou seja, expostas à precipitação associada com o vento. Isso foi constatado de acordo com simulações higrotérmicas feitas por Zanoni (2015) que posteriormente concluiu que as fachadas de edifícios situados em Brasília mais sujeitas a degradação por exposição a chuvas

dirigidas são as orientadas para as direções de vento Noroeste, Norte, Nordeste e Leste e que nas fachadas com orientações Norte e Noroeste concentram-se os maiores teores de umidade. Com isso, observa-se que, possivelmente, esses danos são incidentes nos revestimentos analisadas devido ao fato destas fachadas não disporem de elementos que escoem a água que atinge a fachada. A permanência da água na superfície dos revestimentos permite que os materiais a absorva ocasionando danos devido a umidade. Por outro lado, o dano menos incidente nas fachadas foi a Falha de Vedação indicando que, possivelmente, o processo executivo das juntas foi correto.

Um fato importante de ser mencionado é sobre o baixo valor encontrado para Descolamento no revestimento cerâmico, tendo em vista que esse dano é considerado o que mais atinge esse tipo de revestimento como apontado pela maioria dos autores (Piazzarollo, 2019; Souza, 2019; Silva, 2014). No entanto, isso pode ser explicado pelo fato do revestimento cerâmico ser composto por cerâmicas com pequenas dimensões (2 x 2 cm), constatado por Souza (2019) que cerâmicas com menores dimensões apresentam maior estabilidade do sistema de revestimento cerâmico devido os esforços internos gerados pelo sistema serem dissipados pela maior área de juntas, assim a variação dimensional provocada pela dilatação térmica é menor, diminuindo assim os danos provocados por essas características como o Descolamento e a Fissura.

A Figura 21 ilustra os histogramas e curvas de probabilidades de melhor ajuste referentes aos diferentes danos para o revestimento cerâmico. O teste de *Kolmogorov* apontou a distribuição *Lognormal* como melhor para o ajuste de Descolamento e Fissura e para Mancha de Sujidade a distribuição *Weibull*. Já para Eflorescência o teste de *Anderson-Darling* apontou a distribuição *Weibull* como melhor e para Bolor o teste de *Chi-quadrado* apontou a distribuição *Weibull* como melhor.

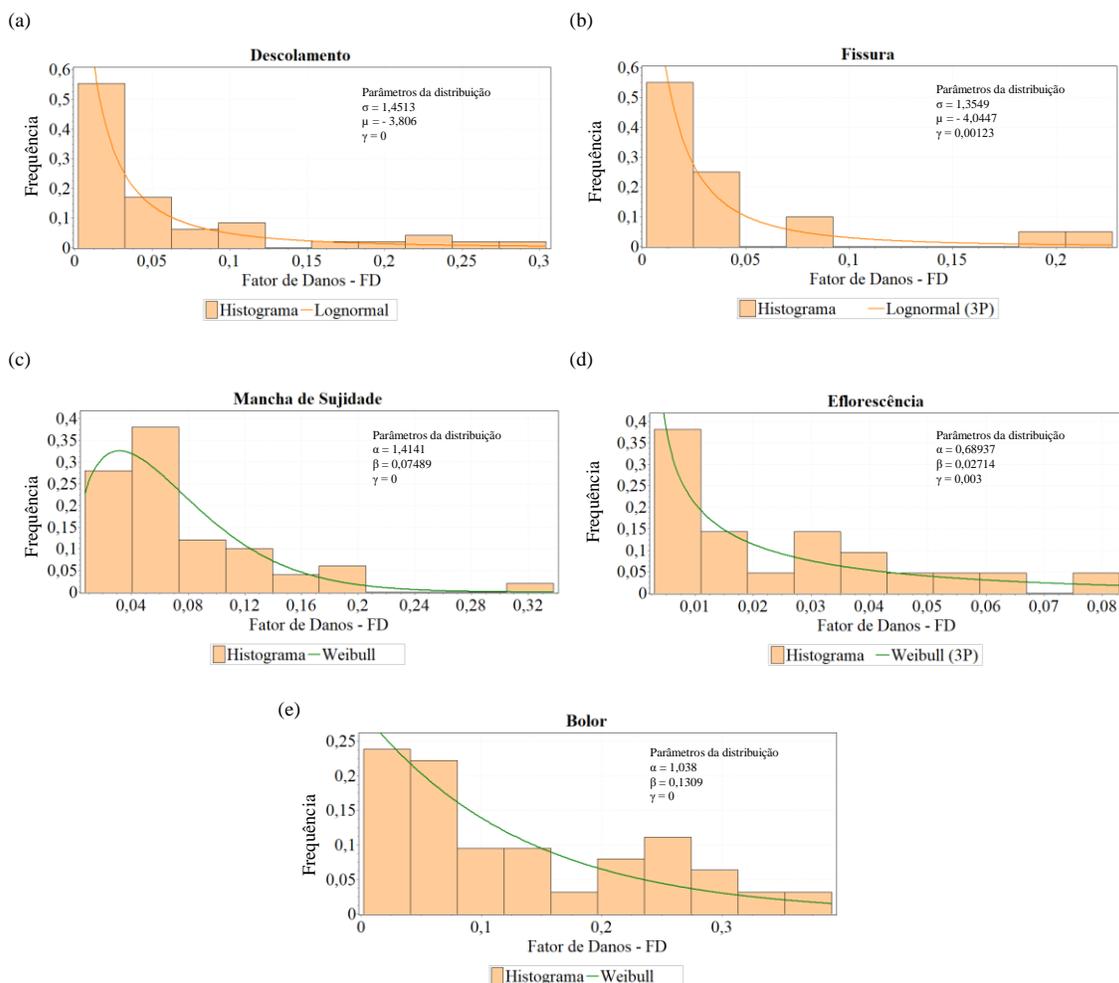


Figura 21 – Curvas de probabilidade dos diferentes danos no revestimento cerâmico.

Observando a Figura 21a nota-se que o dano de Descolamento (DC) no revestimento cerâmico o apresentou para a maior probabilidade da curva um valor de FD próximo de 0,013. Para avaliação semelhante o dano de Fissura (Figura 21b) próximo de 0,013, o dano de Mancha de Sujidade (Figura 21c) próximo de 0,03, o dano de Eflorescência (Figura 21d) próximo de 0,003 e o dano de Bolor (Figura 21e) próximo de 0,03.

Em geral, todos os tipos de danos apresentam maior frequência de ocorrência nos valores de FD mais baixos, com intervalos entre (0,003 e 0,03). Os danos que se destacam são Bolor e Mancha de Sujidade com uma amplitude de valores de FD maiores que 0,32 e Descolamento e Fissura por possuir maiores valores de probabilidade. O dano de Descolamento e de Fissura no revestimento cerâmico, apesar de ser diminuído devido as dimensões da cerâmica, pode ocorrer também por outros fatores. As Fissuras estão associadas a movimentação diferencial do edifício ao

longo de sua vida útil, assim, quando essas movimentações geram tensões que ultrapassam a capacidade resistente dos elementos que compõem o sistema, eles tendem a se fraturar (Santos, 2017). Além disso, é possível correlacionar o dano de Fissura ao dano de Descolamento, uma vez que, a Fissura quando não tratada pode se tornar um caminho para infiltrações da água no revestimento, levando ao surgimento na mesma região de outros danos como Eflorescência, Mancha e Descolamento (Santos, 2018).

A Figura 22 ilustra os histogramas e curvas de probabilidades de melhor ajuste referentes aos diferentes danos para o revestimento em argamassa. O teste de *Kolmogorov* apontou a distribuição *Lognormal* como melhor para o ajuste de todos os danos nesse tipo de revestimento.

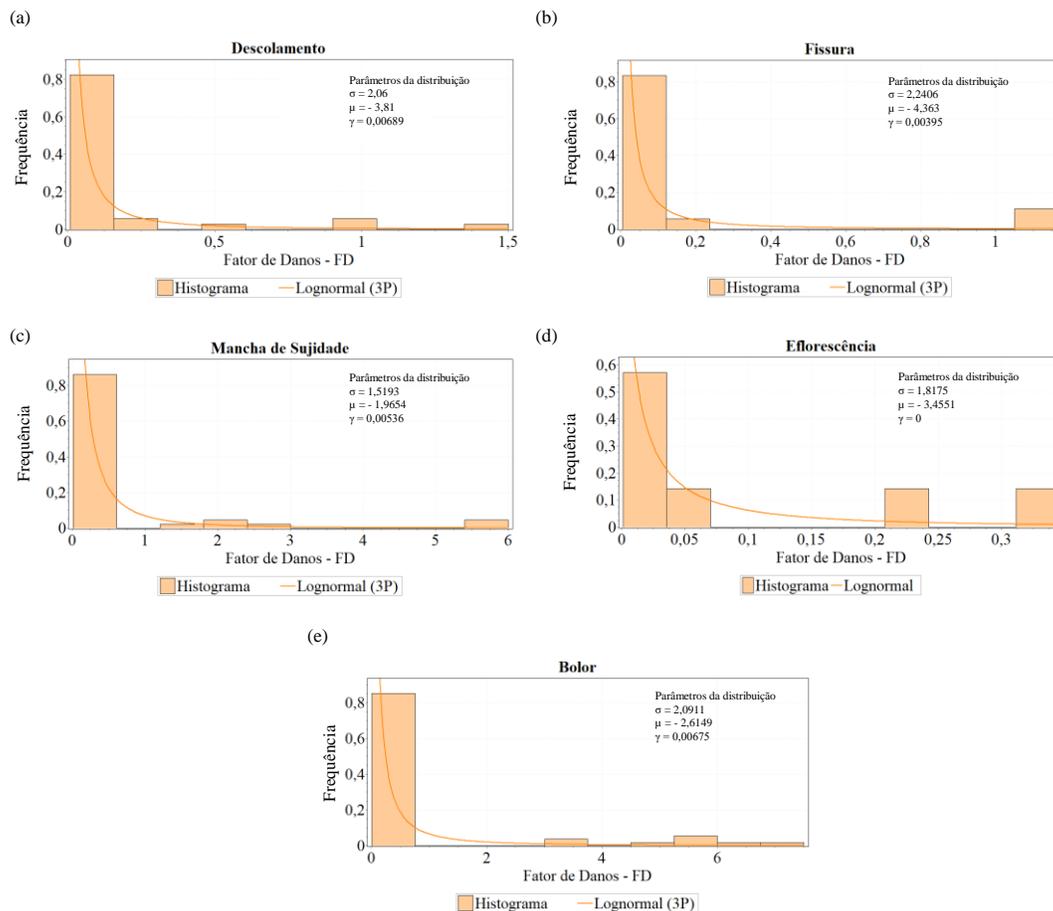


Figura 22 – Curvas de probabilidade dos diferentes danos no revestimento em argamassa.

Observando a Figura 22a nota-se que o dano de Descolamento no revestimento em argamassa apresentou para a maior probabilidade da curva um valor FD próximo de 0,06. Para

avaliação semelhante o dano de Fissura (Figura 22b) próximo de 0,03, o dano de Mancha de Sujidade (Figura 22c) próximo de 0,13, o dano de Eflorescência (Figura 22d) próximo de 0,013 e o dano de Bolor (Figura 22e) próximo de 0,2.

De acordo com os resultados é possível perceber que os danos que se destacaram no revestimento em argamassa foram Mancha de Sujidade e Bolor por obterem a maior frequência no maior valor de FD (0,13 e 0,2, respectivamente) e Descolamento e Fissura por possuírem os maiores valores de probabilidade de ocorrer. Para a Mancha de Sujidade e Bolor essa constatação se deve pela ausência de elementos que impeçam o percurso e a absorção da água ao longo do sistema de revestimento e pela elevada exposição da maioria das fachadas á chuvas dirigidas, conforme explicado anteriormente.

O resultado observado para Descolamento, por sua vez, possivelmente se deve pela falha de aderência das camadas do revestimento ao substrato, esse fato está diretamente ligado com a rugosidades e textura da interface, além da especificação incorreta da argamassa. Já a Fissura, nesse caso, pode ser explicada devido a falta ou inexistência de vergas e contravergas, pois esse dano ocorreu na grande maioria dos casos observados na região das aberturas. A função da verga e contraverga é absorver e redistribuir os esforços concentrados nas extremidades das aberturas, assim seu uso além de ser fundamental é prescrito na NBR 8545 (1984). Outro fator importante é na especificação da argamassa, sendo que, quanto maior o consumo de cimento no preparo da mesma, mais rígido o revestimento fica, ou seja, tem menor capacidade de se deformar quando submetida aos esforços solicitantes (Bauer *et al.*, 2005). Os resultados obtidos convergem com estudos de vários autores que afirmam que os danos mais recorrentes no revestimento em argamassa em edifícios situados em Brasília é a Fissura e as Manchas (Mancha de Sujidade e Bolor) (Bauer *et al.*, 2021; Santos, 2018; Macêdo, 2017).

5.3 Influência das orientações cardeais na degradação

A Figura 23 ilustra os resultados dos FD médios obtidos em cada orientação cardinal das fachadas para os dois tipos de revestimentos existentes nas fachadas analisadas.

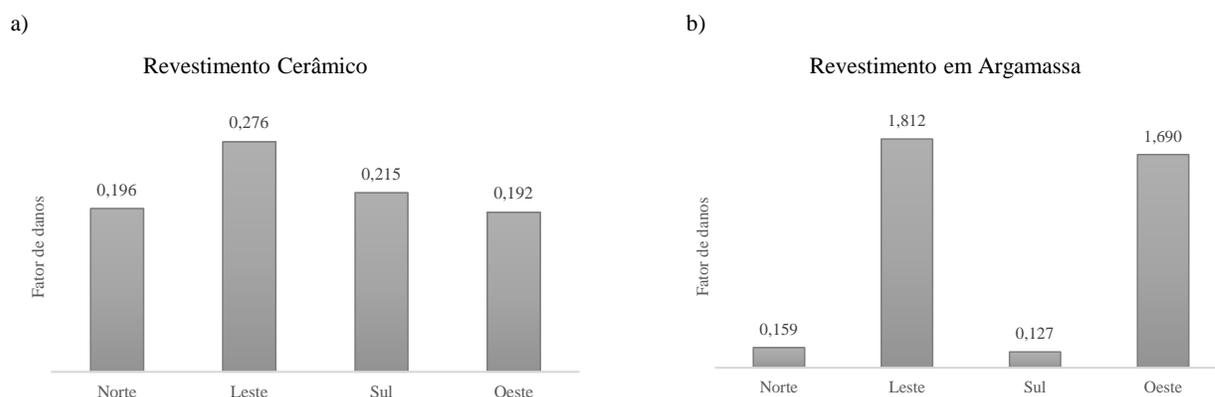


Figura 23 – Degradação nas diferentes orientações cardeais da fachada nos diferentes tipos de revestimentos.

Observando a Figura 23a nota-se que o FD médio de todas as orientações cardeais dos revestimentos cerâmicos seguem uma tendência de valores próximos com intervalos entre 0,196 e 0,276. Enquanto que, observando a Figura 23b nota-se que os valores obtidos de FD médio se destacaram nas orientações Leste e Oeste, com valores próximos de 1,81 e 1,69, respectivamente.

É notório que mesmo com valores de FD médio próximos no revestimento cerâmico, a orientação cardeal que mais apresentou degradação foi a Leste. Para avaliação semelhante nota-se que as fachadas na orientação Leste se destacou também em revestimento cerâmico, juntamente com a orientação Oeste. Todavia, esses resultados divergem dos resultados da maioria dos estudos que afirmam que as fachadas com orientações Norte tendem a se degradar mais em relação as outras orientações devido a maior incidência à chuvas dirigidas e radiação solar (Silva, 2014; Nascimento, 2016; Souza 2019). A procura de elucidar esse resultado, foi encontrado nos estudos de Bauer *et al.* (2021) que fizeram uma simulação higrotérmica em um edifício localizado em Brasília pelo período de 1 ano. O resultado dessa simulação demonstrou que a orientação Leste e Oeste recebem radiação solar em níveis médios durante o ano todo, enquanto que a orientação Norte recebe uma incidência solar alta entre março e setembro, fora desse intervalo ela decai. Logo, essas orientações também podem ser consideradas críticas, além de que o surgimento da degradação muitas das vezes não ocorre devido a um fato isolado, mas da junção de vários outros agentes degradantes, fatores e mecanismos.

A Figura 24 ilustra os histogramas e curvas de probabilidades de melhor ajuste referentes as fachadas com revestimento cerâmico nas diferentes orientações cardeais. O teste de *Kolmogorov* apontou a distribuição *Lognormal* como melhor para o ajuste para as orientações Norte, Leste e Oeste. Já para o Sul o melhor ajuste foi a distribuição *Weibull*.

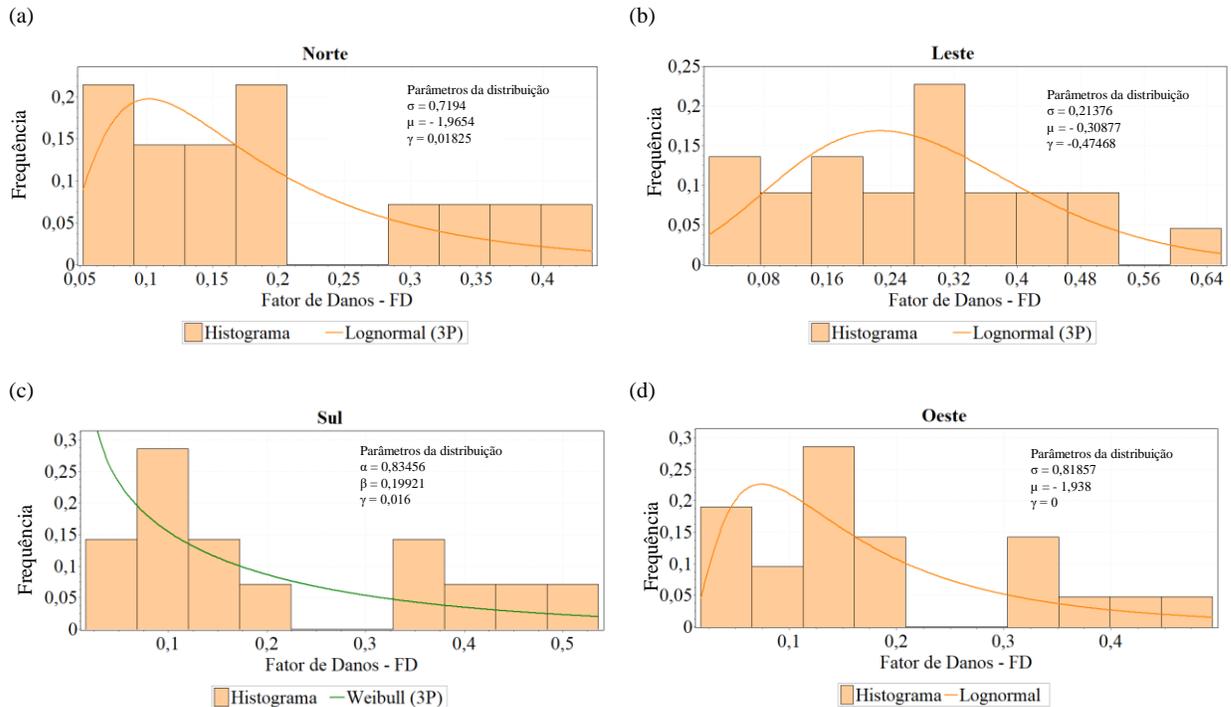


Figura 24 – Curvas de probabilidade de danos nas diferentes orientações cardeais das fachadas com revestimento cerâmico.

Analisando a Figura 24a nota-se que a orientação Norte apresentou, para a maior probabilidade da curva, um valor de FD próximo de 0,1. Para avaliação semelhante a orientação Leste (Figura 24b) apresentou valor próximo de 0,24, a orientação Sul (Figura 24c) próximo de 0,025 e a orientação Oeste (Figura 24d) próximo de 0,075.

Nota-se que a orientação Norte e Leste foram as que apresentaram maiores valores de FD para as maiores probabilidades das curvas. A degradação de fachadas na orientação Norte pode ser explicada por ser a mais crítica em relação a ocorrência de chuvas dirigidas e incidência de radiação solar, assim, isso indica que ao longo do tempo ela pode até mesmo se tornar a mais crítica de todas as analisadas. Assim, com esse resultado é possível perceber que há grandes possibilidades de o revestimento cerâmico seguir a tendência encontrada por vários autores, mencionados anteriormente, que constata a orientação Norte como a mais crítica de todas, ou seja, a que provoca a maior degradação em revestimentos de fachadas. Em relação a orientação Leste, já foi exposto os possíveis motivos anteriormente.

A Figura 25 ilustra os histogramas e curvas de probabilidades de melhor ajuste referentes as fachadas com revestimento em argamassa nas diferentes orientações cardeais. O teste de *Anderson-Darling* apontou a distribuição *Weibull* como melhor para o ajuste para as orientações

Norte, Leste e Sul. Já para o Oeste o melhor ajuste foi a distribuição *Lognormal*.

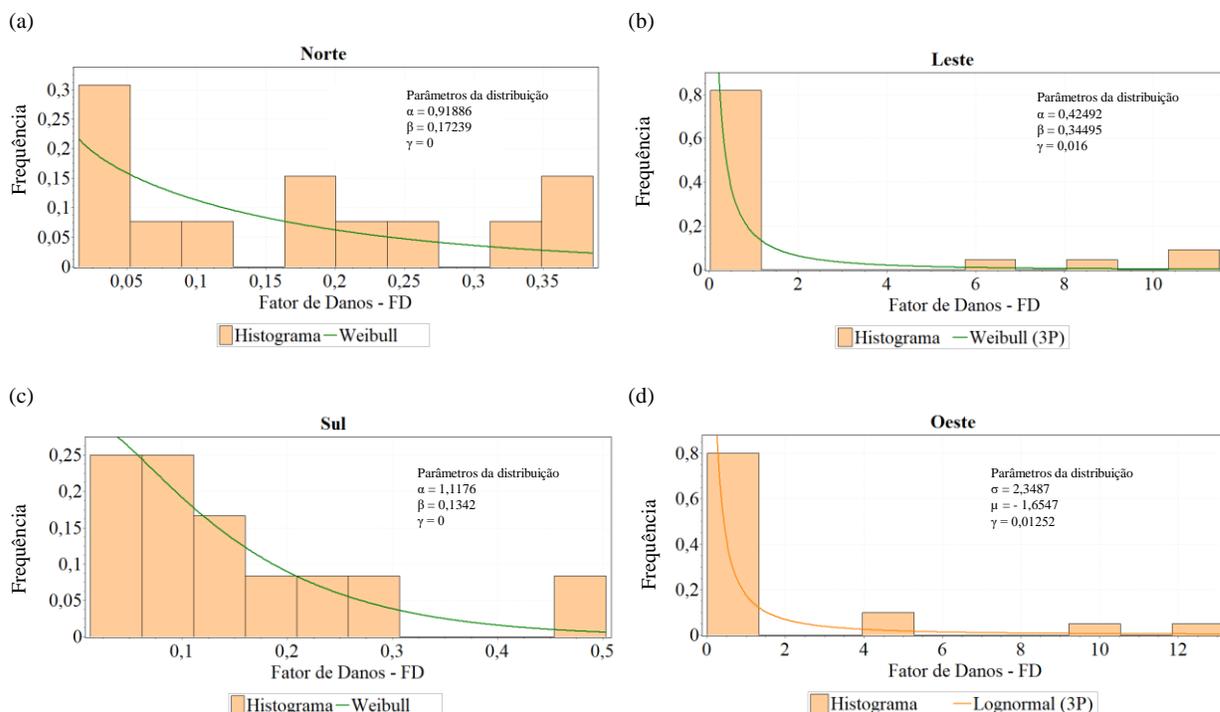


Figura 25 – Curvas de probabilidade de danos nas diferentes orientações cardeais das fachadas com revestimento em argamassa.

Analisando a Figura 25a nota-se que a orientação Norte apresentou, para a maior probabilidade da curva, um valor de FD próximo de 0,008. Para avaliação semelhante a orientação Leste (Figura 25b) apresentou valor próximo de 0,25, a orientação Sul (Figura 25c) próximo de 0,045 e a orientação Oeste (Figura 25d) próximo de 0,5.

Nota-se que a orientação Leste e Oeste foram as que apresentaram maiores valores de FD para as maiores probabilidades das curvas. A degradação de fachadas na orientação Oeste pode ser explicada por ser uma das orientações mais expostas a chuva dirigida e radiação solar ao longo do ano, o que acarreta o surgimento de vários danos (Zanoni, 2015).

5.4 Influência das zonas da fachada na degradação

A Figura 26 ilustra as médias dos FD encontrados em cada amostra de cada tipo de zona de fachada nos diferentes tipos de revestimentos existentes nas fachadas analisadas.

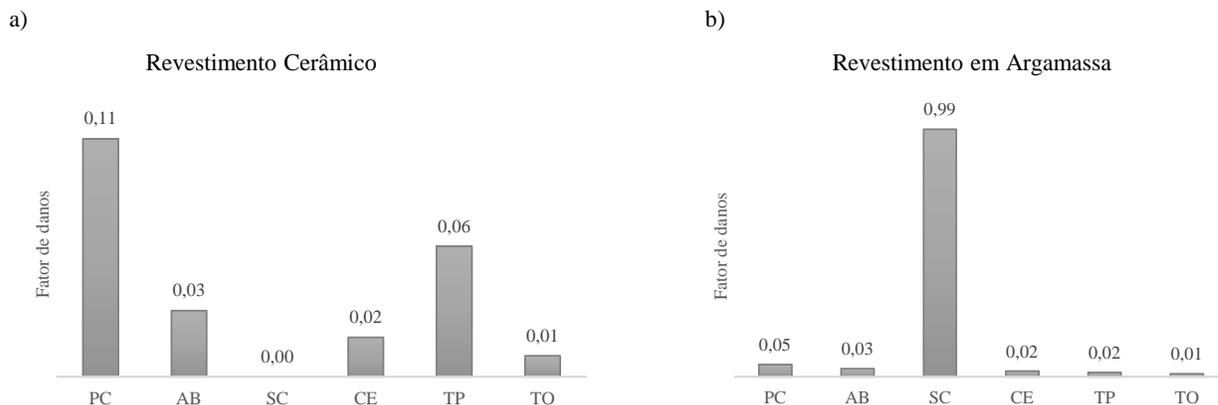


Figura 26 – Degradação nas diferentes zonas para os diferentes tipos de revestimentos.

Observando a Figura 26a nota-se que a zona de paredes contínuas (PC) e transição entre pavimentos (TP) apresentaram os maiores valores de FD médio no revestimento cerâmico, sendo próximo de 0,11 e 0,06. Para avaliação semelhante nota-se que o revestimento em argamassa (Figura 26b) que a zona de Sacadas se destacou, possuindo valor de FD médio de 0,99. Esses valores indicam as zonas que se degradaram mais.

As zonas mais se degradadas no revestimento cerâmico foram as Paredes Contínuas e Transição entre Pavimentos. Para paredes contínuas esse resultado pode ser explicado pelo fato de que entre todas as zonas analisadas essa é a que possui maior área aumentando assim a possibilidade de uma maior degradação. Outra particularidade importante de PC é se situar em confinamento em relação as outras, isso faz com que sua movimentação seja restringida, assim diante de deformações a adaptação fica com restrições aumentando a possibilidade de degradação. Já para zona de Transição entre Pavimentos, por se caracterizar pela mudança de pavimento, seus danos podem ser oriundos de dimensionamentos inadequados ou falta de juntas de movimentação que impede a absorção adequada de deformações provocadas pela movimentação na interface entre a alvenaria e a viga.

Para o revestimento em argamassa se destacou a zona de Sacadas. A degradação nessa zona pode ser maior devido sua configuração em balanço que provoca uma maior exposição às intempéries e maiores tensões. Souza (2019) alerta sobre os cuidados a serem tomados para minimizar a intensidade da degradação na zona de SC, sendo destacados: o cuidado com a movimentação estrutural na elaboração do projeto e na execução da estrutura, para assim, ocorrer a diminuição da movimentação dessa zona (Pontes *et al.*, 2021). É importante destacar que a zona de SC no revestimento cerâmico obteve FD igual a zero devido a inexistência de revestimento cerâmico nessa zona nos

edifícios analisados.

A Figura 27 ilustra os histogramas e curvas de probabilidades de melhor ajuste referentes as diferentes zonas para o revestimento cerâmico. O teste de *Kolmogorov* apontou a distribuição *Weibull* como melhor para o ajuste para as zonas de Paredes Contínuas, Aberturas, Cantos e Extremidades, e Transição entre Pavimentos. Já para o Topo o teste de *Anderson-Darling* apontou como melhor ajuste a distribuição *Normal*.

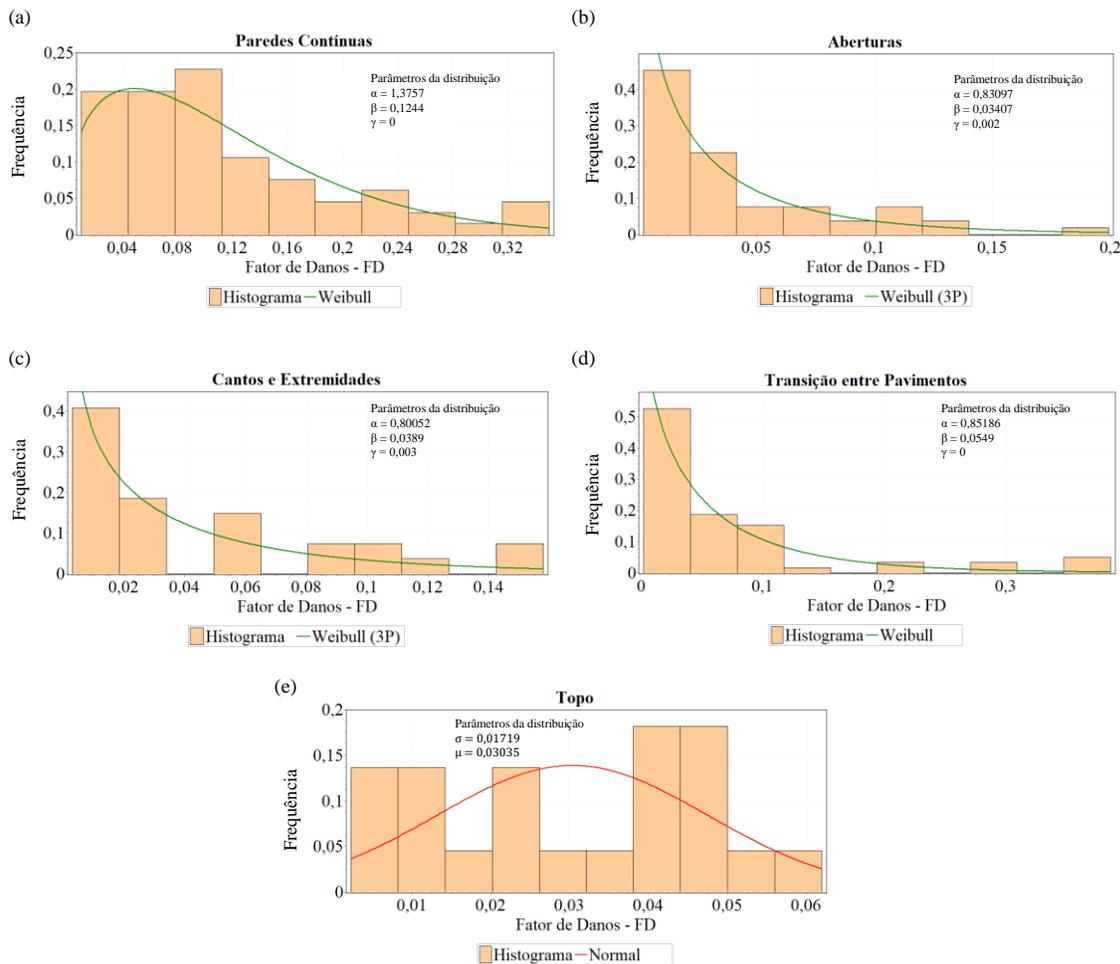


Figura 27 – Curvas de probabilidade dos danos nas diferentes zonas de fachada com revestimento cerâmico.

Analisando a Figura 27a nota-se que a zona de Paredes Contínuas apresentou, para a maior probabilidade da curva, um valor de FD próximo de 0,05. Para avaliação semelhante a zona de aberturas (Figura 27b) apresentou valor próximo de 0,012, a zona de Cantos e Extremidades (Figura 27c) próximo de 0,009, a zona de Transição entre Pavimentos (Figura 27d) próximo de 0,013 e a zona de Topo (Figura 27e) próximo de 0,03.

As zonas de PC e TO foram as que obtiveram maiores valores de FD para as maiores probabilidades da curva, sendo 0,05 e 0,03, respectivamente. Para Topo essa constatação se deve, por se localizar acima do último pavimento, isso faz com que ocorra variações dimensionais provocadas pela umidade ou pela radiação solar. Embora PC e TO apresentem os maiores valores de FD, observa-se que a zona de TP possui o maior valor de probabilidade de ocorrer, que pode ser observado pelo ponto máximo da curva de probabilidade. As especificações dessa zona já foram mencionadas anteriormente.

A Figura 28 ilustra os histogramas e curvas de probabilidades de melhor ajuste referentes as diferentes zonas para o revestimento em argamassa. O teste de *Kolmogorov* apontou a distribuição *Weibull* como melhor para o ajuste para as zonas de Paredes Contínuas e Sacadas. Já para o Cantos e Extremidades, Transição entre Pavimentos e Topo o melhor ajuste foi a distribuição *Lognormal*. O teste de *Anderson-Darling* apontou a distribuição *Weibull* como melhor para o ajuste para Aberturas.

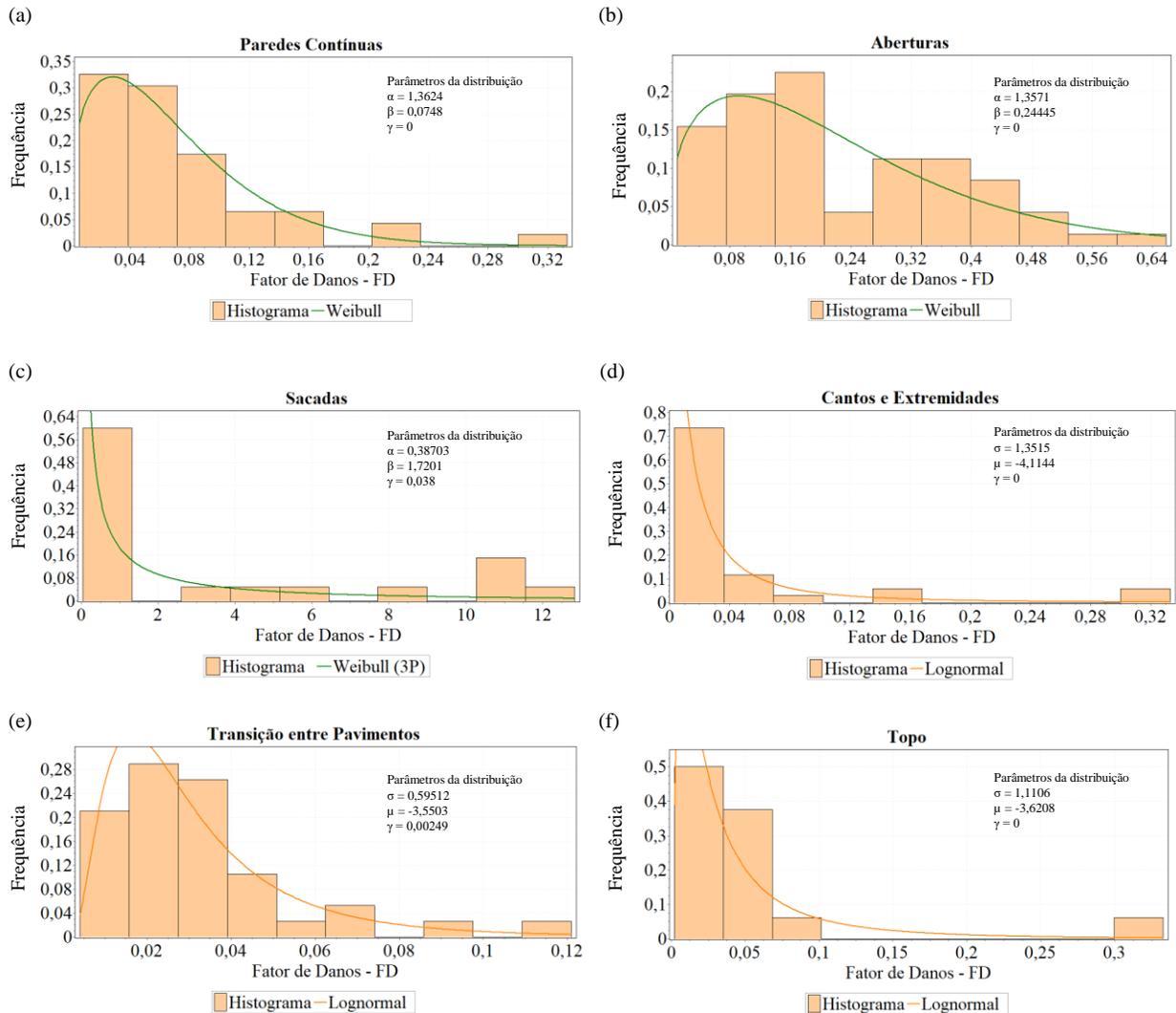


Figura 28 – Curvas de probabilidade dos danos em nas diferentes zonas de fachada com revestimento em argamassa.

Analisando a Figura 28a nota-se que a zona de Paredes Contínuas apresentou, para a maior probabilidade da curva, um valor de FD próximo de 0,03. Para avaliação semelhante a zona de aberturas (Figura 28b) apresentou valor próximo de 0,1, a zona de sacadas (Figura 28c) próximo de 0,4, a zona de cantos e Extremidades (Figura 28d) próximo de 0,02, a zona de Transição entre Pavimentos (Figura 28e) próximo de 0,03 e a zona de topo (Figura 28f) próximo de 0,025.

As zonas SC e AB apresentaram maiores valores de FD para as maiores probabilidades da curva (0,4 – 0,1). As Sacadas possivelmente não foram projetadas ou executadas para atender as solicitações impostas a esse tipo de zona, o que cominou na existência de vários tipos de danos. Por fim, se destacou também no revestimento a zona CE por apresentar os maiores valores de

probabilidade de ocorrer. Logo, é possível concluir que são zonas que merecem atenção especial não só no revestimento cerâmico como também no revestimento em argamassa.

6 CONCLUSÃO

Com auxílio do Método de Mensuração de Degradação (MMD) foi possível investigar as possíveis causas da degradação em edifícios, localizados em Brasília-Brasil, com fachada composta de revestimento misto, sendo eles revestimento cerâmico e revestimento em argamassa. Assim, sendo possível comparar as degradações entre os dois tipos de revestimentos e associar os danos, as orientações cardeais e as zonas de fachada aos dois tipos de revestimento. Para isso, foi identificado, através da mensuração da degradação, as frequências e a probabilidade de ocorrência dos danos em cada tipo de revestimento.

Os danos identificados no mapeamento e considerado nesta pesquisa foram: Descolamento, Fissura, Mancha de Sujidade, Eflorescência e Bolor. Sendo observados, tanto no revestimento cerâmico como no revestimento em argamassa.

No primeiro subtópico das análises de resultados em que foi analisado a influência do tipo de revestimento na degradação, constatou-se que a degradação no revestimento em argamassa é maior do que a encontrada no revestimento cerâmico, possuindo assim, maior possibilidade de se degradar. Esse resultado foi associado a execução desse revestimento que muitas vezes por possuir menos processos contratam mão de obra não qualificada. Assim, faz-se necessário que a execução seja feita por mão de obra qualificada, que os projetos sejam feitos seguindo as normas existentes e que os materiais sejam de qualidade.

No segundo subtópico em que foi analisado os diferentes danos em cada tipo de revestimento, constatou-se que em ambos revestimentos o mais recorrente é o Bolor seguido pela Mancha de Sujidade. Alguns pesquisadores na mesma região também constataram uma grande ocorrência de Bolor e Mancha em revestimentos em argamassa, como Bauer *et al.* (2021). Já o Descolamento apesar de demonstrar grande importância no revestimento cerâmico, se destacou somente na curva de probabilidade, que demonstra que o mesmo tem maior probabilidade de ocorrer, juntamente com Fissura, em ambos revestimentos.

No terceiro subtópico em que foi analisado a influência da orientação cardinal das diferentes orientações cardeais da fachada na degradação do revestimento cerâmico e revestimento em argamassa, foi constatado que em ambos os revestimentos a degradação mais intensa ocorreu na orientação Leste. Essa orientação é caracterizada por receber radiação solar em níveis médios o ano todo, além de ser exposta a chuvas dirigidas no período de seca, de acordo com Bauer *et al.* (2021). Em seguida, foi constatado que a orientação Oeste foi a segunda que mais degradou o

revestimento em argamassa, sendo uma das orientações que mais possui chuvas dirigidas.

No quarto e último subtópico em que foi analisado a influência das zonas da fachada na degradação, foi constatado que no revestimento cerâmico as zonas mais degradadas são Paredes Contínuas e Transição entre Pavimentos, já o Topo tem maior possibilidade de possuir maior área degradada. Enquanto que, no revestimento em argamassa a zona mais degradada foi a de Sacadas e Aberturas, já o Topo tem maior possibilidade de possuir maior área degradada.

A partir dos resultados obtidos foi possível evidenciar o comportamento da degradação no revestimento cerâmico e no revestimento em argamassa. Além disso, foi evidenciado que para compreender os danos faz-se necessário uma investigação em conjunto dos vários agentes degradantes, zonas de fachada, tipo de edifício, orientações cardeais, tipos de materiais utilizados, execução e projeto da fachada. Esses fatos evidenciam a necessidade de simulações e estudos que preveem os fatores que culminam e propicia a evolução dos danos, uma vez que através desses é possível aplicar medida de prevenção, manutenção garantindo o cumprimento da vida útil dos sistemas de revestimento de fachada.

6.1 Sugestões para pesquisas futuras

- Implementar análises buscando estabelecer parâmetros de comparação entre diferentes sistemas de revestimentos;
- Utilização de drone na inspeção;
- Propostas de automatização da metodologia de quantificação de danos;
- Aplicação e avaliação do MMD em outros sistemas;
- Avaliação da vida útil através do FGD dos edifícios analisados.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDESSI, D., GATTA, C., MARFIA, S., SACCO, E. **Multiscale analysis of in-plane masonry walls accounting for degradation and frictional effects.** *International Journal for Multiscale Computational Engineering*, v. 18, n. 2, p. 159-180, 2020.

ALMEIDA, L. L de. **Patologias em revestimento cerâmico de fachada.** Monografia de Graduação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E632-82: Standard practice for developing accelerated tests to aid prediction of the service life of building components and materials.** Philadelphia, 1996.

ANTUNES, G. R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília: sistematização da incidência de casos.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Brasília, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13529: Revestimento de paredes e teto de argamassas inorgânicas — Terminologia.** Rio de Janeiro, 2013.

_____. **ABNT NBR 13755: Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante: procedimento.** Rio de Janeiro, 2017.

_____. **ABNT NBR 14992: A.R. – Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas — Requisitos e métodos de ensaios.** Rio de Janeiro, 2003.

_____. **ABNT NBR 15575-1: Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2013.

_____. **ABNT NBR 16648: Argamassas inorgânicas decorativas para revestimento de edificações — Requisitos e métodos de ensaios.** Rio de Janeiro, 2018.

_____. **ABNT NBR 8545: Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos.** Rio de Janeiro, 1984.

BAUER, E.; BEZERRA, N. M.; CASTRO, E. K. **Relatório técnico: n.º 06090072-c.** Laboratório de Ensaios de Materiais, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

BAUER, E.; CASTRO, E. K.; SILVA, M. N. B. **Estimativa da degradação de fachadas com revestimento cerâmico: estudo de caso de edifícios de Brasília.** Cerâmica, v. 61, p. 151-159, 2015.

BAUER, E (editor). **Revestimento de argamassa: características e peculiaridades.** Brasília: LEM – UnB; Sinduscon, 2005.

BAUER, E.; CASTRO, E. K.; ANTUNES, G.R. **Patologias mais correntes nas fachadas de edifícios em Brasília.** Anais 3º Congresso Português de Argamassas de Construção, APFAC, Lisboa, Portugal, 2010.

BAUER, E.; CASTRO, E. K.; ANTUNES, G. R. K. **Processo de identificação das manifestações patológicas em fachadas com revestimento cerâmico.** IX Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Belo Horizonte, Brasil, 2011.

BAUER, E.; SOUZA, J. S.; MOTA, L. M. G. **Degradação de fachadas revestidas em argamassas nos edifícios de Brasília-Brasil.** Ambiente Construído (online), 2021.

BAUER, E.; SOUZA, J. S.; PIAZZAROLLO, C. B. **Application of the degradation measurement method in the study of facade service life.** Building Pathology, Durability and Service Life, v. 12, 105-119, 2020.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS ISO 15686-2: Buildings and constructed assets – Service life planning. Part 2: Service life prediction procedures.** London, 2012.

CARVALHO, G. B. de. **Proposta para representação gráfica de mapas de danos em fachadas modernistas de concreto armado aparente**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

CENTRO CERÂMICO DO BRASIL. **Manual de assentamento de revestimentos cerâmicos – fachadas**. CCB, 2009.

CERQUEIRA, M. B. S. **Avaliação da degradação de fachadas de edificações localizadas em Salvador/BA**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

CHAVES, A. M. V. A. **Patologia e reabilitação de revestimento de fachadas**. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho Escola de Engenharia, Braga, Portugal, 2009.

DELAZERI, E. Z. **Análise de manifestações patológicas em fachadas com revestimento cerâmico em Porto Alegre: estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

DIOGO, G. M. Q. **Análise e proposta de melhorias no processo de produção dos revestimentos de argamassa de fachada de edifícios**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FRANCINETE Jr, P.; SOUZA, J. S.; ZANONI, V. A. G.; BAUER, E.; SILVA, M. N. B. **Relação entre a degradação de fachadas e a incidência de chuva dirigida e temperatura - Estudo de caso para os edifícios de Brasília-Brasil**. Congresso Latino-Americano de Patologia da Construção – CONPAT. Lisboa, Portugal, 2015.

FREITAS, V. P.; VIEIRA, M.; GUIMARÃES, A. S. **The French, Norwegian and Danish experience**. A State-of-the-Art Report on Building Pathology. CIB Publication 393. pp. 30-35, 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 6241:1984:**

Performance standards in building – Principles for their preparation and factors to be considered, 1984.

_____. **ISO 15686-2: Buildings - Service life planning. Part 2: Service life prediction procedures**, International Organization for Standardization, 2012.

JUST, A.; FRANCO, L. S. **Descolamentos dos revestimentos cerâmicos de fachada na cidade do Recife**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/285, São Paulo, 2001.

KAZMIERCZAK, C. S.; KULAKOWSKI, M. P.; BREHM, F. A.; SENTENA, J. A. A.; MARQUETTO, L. **Considerações sobre a Avaliação da Durabilidade de Revestimentos de Argamassa com Incorporação de Resíduos por Meio de Ensaios Acelerados com Ciclos Térmicos**. Ed. Scienza. Porto Alegre. pp. 147 – 175, 2016.

LUZ, M. de A. **Manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachada em três estudos de caso na cidade de Balneário Camboriú**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MACÊDO, M. S. P. H. **Mensuração da degradação de fachadas em argamassa empregando a inspeção de edifícios**. Monografia de Projeto Final, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

MOTA, L. M. G. **Estudo da iniciação e da propagação da degradação de fachadas com revestimento em argamassa**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

MUSSE, D. S. **Desempenho de revestimento de argamassas reforçadas com telas: estudo de fissuração e comportamento mecânico**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

NASCIMENTO, M. L. M. **Aplicação da simulação higrotérmica na investigação da degradação de fachadas de edifícios**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e

Construção, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

PACHECO, C. P.; VIEIRA, G. L. **Análise quantitativa e qualitativa da degradação das fachadas com revestimento cerâmico.** CERÂMICA, v. 63, p. 432-445, 2017.

PERCIO, A. C. **Análise da patologia de aderência dos revestimentos argamassados: estudo de caso-problemas e possível solução.** Cippus, v. 7, n. 2, p. 43-56, 2019.

PEREIRA, C. H. A. F. **Contribuição ao estudo da fissuração, da retração e do mecanismo de descolamento do revestimento à base de argamassa.** Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2007.

PIAZZAROLLO, C. B. **Estudo da evolução e da gravidade da degradação nas diferentes zonas componentes da fachada.** Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília, 2019.

PINHEIRO, P. I. S. **Aplicação do método de mensuração de degradação (MMD) ao estudo das fachadas de edifícios em Brasília.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

PONTES, S. F.; SOUZA, J. S. PIAZZAROLLO, C. B.; SANTOS, A. R. **Avaliação das características do sistema de revestimento de fachadas no processo de degradação por meio do Método de Mensuração de Degradação.** Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação das Construções, Fortaleza, 2021.

SARAIVA, A. G. **Contribuição ao estudo de tensões de natureza térmica em sistemas de revestimento cerâmico de fachada.** Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil. Universidade de Brasília, 1998.

SANTOS, A. C. dos. **Avaliação do desempenho potencial de duas soluções de revestimentos argamassados em função do risco de formação de fungos emboloradores no interior de edificações na cidade de São Paulo.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisas Tecnológicas

do Estado de São Paulo, São Paulo, 2019.

SANTOS, D. G. **Estudo da vida útil e degradação de fachadas em argamassa a partir da inspeção de edifícios**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2018.

SANTOS, M. J. B. O. **Catálogo de patologias em fachadas de edifícios residenciais de Brasília**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília, Brasil, 2017.

SEDLBAUER, K. **Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen**. Dissertação de Mestrado. Fakultät Bauingenieur-und Vermessungswesen der Universität Stuttgart, Stuttgart, 2001.

SHIRAKAWA, M. A. **Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente**. Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Goiânia, 1995.

SILVA, F. G. S. **Proposta de metodologias experimentais auxiliares à especificação e controle das propriedades físico-mecânicas dos revestimentos em argamassa**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006.

SILVA, M. N. B. **Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada – Aplicação ao caso de Brasília/DF**. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014.

SILVA, M. N. B.; BAUER, E.; CASTRO, E. K. **Avaliação da degradação em sistemas de revestimento cerâmico de fachadas de Brasília**. Simpósio de Argamassa e Soluções Térmicas de Revestimento, Coimbra, 2014.

SILVA, M. N. B.; BAUER, E.; CASTRO, E. K.; ZANONI, V. A. G. **Distribuição de ocorrência de danos e patologias em fachadas de Brasília – Estudo de Caso**. Simpósio de Argamassa e Soluções Térmicas de Revestimento, Coimbra, 2014.

SILVA, P. F. S. **Aplicação de ferramentas de priorização de tarefas na inspeção predial: um estudo de caso em uma residência unifamiliar em São Luís, Maranhão.** Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Universitário de Ensino Superior Dom Bosco, São Luís, 2021.

SILVESTRE, J. D.; de BRITO, J. **Ceramic tiling in building façades: Inspection and pathological characterization using an expert system.** Construction and Building Materials, v.25, p.1560-1571, 2011.

SOUSA, L. C.; SOUZA, J. S.; DIAS, A. V.; DE AZEVEDO, A. R. G. **Influência das escolhas projetuais sobre o processo de degradação em fachadas.** Cinpar, Fortaleza, 2021.

SOUZA, J. S.; BAUER, E.; SILVA, M. N. B. **Influência dos danos em diferentes regiões das fachadas no fator de danos (FD) e no fator de danos relativo (FDR).** IBRACON, Bonito, MS, 2015.

SOUZA, J. S. **Impacto dos fatores de degradação sobre a vida útil de fachada de edifícios.** Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

SOUZA, J. S. **Evolução da degradação de fachadas – efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes.** Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SOUZA, J. S.; SILVA, A.; DE BRITO, J.; BAUER, E. **Application of a graphical method to predict the service life of adhesive ceramic external wall claddings in the city of Brasília, Brazil.** Journal of Building Engineering, v. 19, p. 1-13, 2018.

TERREZO, V. B. **Fissuras em edificações: causas e tratamentos.** Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2021.

UEMOTO, K. L. **Patologia: danos causados por eflorescência. Tecnologia de edificações. Tecnologia de edificações.** IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT, São Paulo, 1988.

VIEIRA, M. E. L. **Análise de desempenho do revestimento monocamada antes e após o envelhecimento acelerado proposto pela câmara de intemperismo.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

ZANONI, V. A. G. **Influência dos agentes climáticos de degradação no comportamento higratérmico de fachadas em Brasília.** Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2015.