

**ESTUDO DA VARIABILIDADE DA DEGRADAÇÃO DE FACHADAS COM
REVESTIMENTO CERÂMICO ADERIDO – APLICAÇÃO AOS EDIFÍCIOS DE
BRASÍLIA**

MAYKON VIEIRA SILVA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

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

**ESTUDO DA VARIABILIDADE DA DEGRADAÇÃO DE FACHADAS COM
REVESTIMENTO CERÂMICO ADERIDO – APLICAÇÃO AOS EDIFÍCIOS DE
BRASÍLIA**

MAYKON VIEIRA SILVA

ORIENTADOR: ELTON BAUER

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

BRASÍLIA/DF: OUTUBRO – 2023
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**ESTUDO DA VARIABILIDADE DA DEGRADAÇÃO DE FACHADAS COM
REVESTIMENTO CERÂMICO ADERIDO – APLICAÇÃO AOS EDIFÍCIOS DE
BRASÍLIA**

MAYKON VIEIRA SILVA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.**

APROVADA POR:

Prof. Dr. Elton Bauer (ENC-UnB)
(Orientador)

Prof. Dr. João Henrique da Silva Rêgo (ENC-UnB)
(Examinador Interno)

Prof. Dra. Isaura Nazaré Lobato Paes (UFPA)
(Examinador Externo)

BRASÍLIA/DF, 20 DE OUTUBRO DE 2023.

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, MAYKON VIEIRA

Estudo da variabilidade da degradação de fachadas com revestimento cerâmico aderido – aplicação aos edifícios de Brasília [Distrito Federal] 2023. XXIII, 134 p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Estruturas e Construção Civil, 2023). Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Fachadas

3. Revestimento cerâmico

5. Patologias

2. Variabilidade da degradação

4. Mensuração da degradação

I. ENC/FT/UnB

II. Título (Mestre)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, M. V. (2023). Estudo da variabilidade da degradação de fachadas com revestimento cerâmico aderido – aplicação aos edifícios de Brasília. Publicação E.DM – xxx/xx, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 134 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Maykon Vieira Silva

TÍTULO: Estudo da variabilidade da degradação de fachadas com revestimento cerâmico aderido – aplicado aos edifícios de Brasília

GRAU: Mestre

ANO: 2023

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

Maykon Vieira Silva
Rua Castelo Branco n.304, Bairro Centro
CEP:38.660-000 – Buritis – MG – Brasil
E-mail: eng.maykonsilva@gmail.com

Dedico aos meus pais e irmão, cujo amor, apoio incondicional e confiança foram a base que me sustentou durante todos esses anos de estudos. E a Deus, que sempre esteve ao meu lado, me dando forças para enfrentar os desafios e alcançar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meu profundo agradecimento a todas as pessoas e instituições que contribuíram para a realização desta dissertação de mestrado. É com imensa gratidão que reconheço o apoio e incentivo que recebi ao longo dessa jornada.

Em primeiro lugar, agradeço ao senhor Deus por todas as oportunidades que me proporciona e por sempre estar ao meu lado, iluminando meus caminhos. A sua misericórdia e amor contribuíram para a minha esperança ao longo desse processo.

Agradeço à toda minha família, em especial meus pais e meu irmão, pelo seu apoio incondicional ao longo desta jornada. Seus estímulos e compreensão foram fundamentais para minha motivação durante os desafios enfrentados.

Gostaria de agradecer também aos amigos que estiveram ao meu lado, me motivando e oferecendo uma palavra de conforto sempre que precisei.

Desejo expressar minha sincera gratidão ao meu orientador, Elton Bauer, por sua orientação e compartilhamento de conhecimentos. Agradeço por toda paciência e tempo dedicados a esse trabalho

Sou grato aos meus colegas de curso, cujas discussões e trocas de ideias enriqueceram minha compreensão sobre as diversas disciplinas trabalhadas durante o mestrado. Agradeço pelos compartilhamentos de experiências e por qualquer conversa que possa ter me ajudado nos momentos mais difíceis. A pandemia impediu de nos vermos no dia a dia, mas com certeza, todos contribuíram para essa vitória.

Aos professores e equipe de funcionários do Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil (PECC) da Universidade de Brasília.

Ao *DMM Project* pela disponibilidade da base de dados.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Capes pelos apoios financeiros. Agradeço pelo investimento na ciência e pelo reconhecimento da importância da pesquisa acadêmica.

Por fim, gostaria de agradecer a todos os pesquisadores e acadêmicos cujas pesquisas foram base para esta dissertação.

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”.
(Josué 1: 8-9)

RESUMO

ESTUDO DA VARIABILIDADE DA DEGRADAÇÃO DE FACHADAS COM REVESTIMENTO CERÂMICO ADERIDO – APLICAÇÃO AOS EDIFÍCIOS DE BRASÍLIA

Autor: Maykon Vieira Silva

Orientador: Elton Bauer

Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil

Brasília, outubro de 2023.

As fachadas com revestimento cerâmico são amplamente utilizadas em edifícios comerciais e residenciais devido à sua durabilidade, resistência às intempéries e estética atraente. Ao longo do tempo, elas estão sujeitas a diversos fatores e agentes que podem causar anomalias, afetando sua aparência e desempenho. Diferentes graus de proteção e exposição a agentes de degradação, como radiação solar, chuva e vento, bem como a variabilidade da qualidade dos materiais e processos construtivos levam a uma deterioração diferenciada ao longo da fachada. A pesquisa apresenta uma análise sobre a variabilidade da degradação em fachadas com revestimento cerâmico, com objetivo de investigar como ela se apresenta, a sua quantificação e quais os fatores responsáveis. Busca-se o entendimento do comportamento da degradação nas diversas posições do plano das fachadas, expondo como ela se manifesta em função dos andares dos edifícios e das diferentes regiões das amostras. A pesquisa parte de uma base de dados, desenvolvida a partir de inspeções em edifícios em uso, empregando o Método de Mensuração da Degradação (MMD). A metodologia é aplicada ao estudo de 174 amostras de edifícios de seis pavimentos, com idades entre 5 e 48 anos e localizados em Brasília. As análises são baseadas em indicadores de degradação, como o Fator Geral de Degradação (FGD), quantificados e segmentados a partir das variáveis investigadas (idade, andar e região). Posteriormente, são aplicadas ferramentas estatísticas para mensuração da variabilidade. Os resultados indicam que há variabilidade da degradação e ela é ocasionada por inúmeros fatores, como idade e a posição do andar no plano da fachada. A dispersão é maior para edifícios mais novos. Os índices normalizados propostos para análise da variabilidade nas posições da fachada se mostram eficazes e permitem identificação de tendências. A região central não apresenta variação significativa da degradação em relação à região extremidade, independente da faixa de idade em análise. Existe diferença da degradação entre os pavimentos da edificação, principalmente em relação ao topo, andar que apresenta maior número de anomalias.

Palavras-chave: Fachadas; Variação da degradação; Revestimento Cerâmico; Mensuração da degradação; Patologias.

ABSTRACT

STUDY OF THE VARIABILITY OF FACADE DEGRADATION WITH ADHERED CERAMIC CLADDING - APPLICATION TO BUILDINGS IN BRASÍLIA

Author: Maykon Vieira Silva

Advisor: Elton Bauer

Postgraduate Program in Structures and Civil Construction

Brasilia, October of 2023

Ceramic cladding facades are widely used in commercial and residential buildings due to their durability, weather resistance and attractive aesthetics. Over time, they are subject to various factors and agents that can cause anomalies, affecting their appearance and performance. Different degrees of protection and exposure to degradation agents, such as solar radiation, rain and wind, as well as the variability in the quality of materials and construction processes lead to different deterioration along the facade. The research presents an analysis of the variability of degradation in facades with ceramic coating, with the aim of investigating how it presents itself, its quantification and which factors are responsible. The aim is to understand the behavior of degradation in different positions on the façade plane, exposing how it manifests itself depending on the floors of the buildings and the different regions of the samples. The research is based on a database, developed from inspections of buildings in use, using the Degradation Measurement Method (MMD). The methodology is applied to the study of 174 samples of six-story buildings, aged between 5 and 48 years old and located in Brasília. The analyzes are based on degradation indicators, such as the General Degradation Factor (FGD), quantified and segmented based on the variables investigated (age, floor and region). Subsequently, statistical tools are applied to measure variability. The results indicate that there is variability in degradation and it is caused by numerous factors, such as age and the position of the floor in the facade plane. The dispersion is greater for newer buildings. The normalized indices proposed for analyzing variability in facade positions prove to be effective and allow trends to be identified. The central region does not show significant variation in degradation in relation to the extreme region, regardless of the age range under analysis. There is a difference in degradation between the floors of the building, especially in relation to the top, the floor that presents the greatest number of anomalies.

Keywords: Facades; Degradation variation; Ceramic Cladding; Measurement of degradation; Pathologies.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Justificativa da pesquisa e importância do tema.....	2
1.2	Objetivos.....	4
1.2.1	Objetivo geral.....	4
1.2.2	Objetivos específicos	4
1.3	Estrutura do trabalho	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1	Desempenho, Durabilidade e Vida útil.....	6
2.2	Fachadas com revestimento cerâmico	8
2.3	Degradação de fachadas	9
2.3.1	Agentes e mecanismos de degradação	10
2.3.2	Anomalias em fachadas.....	12
2.4	Variação da degradação na fachada.....	17
2.4.1.1	Qualidade dos componentes (Fator A).....	18
2.4.1.2	Nível de projeto (Fator B).....	19
2.4.1.3	Nível de execução (Fator C)	20
2.4.1.4	Exposição ao ambiente interno (Fatores D).....	21
2.4.1.5	Exposição ao ambiente externo (Fator E).....	21
2.4.1.6	Condições de uso (Fator F)	22
2.4.1.7	Frequência e níveis de manutenção (Fator G)	22
2.4.2	Condições de exposição	24
2.4.2.1	Graus de proteção.....	24
2.4.2.2	Características arquitetônicas.....	26
2.5	Quantificação da degradação	29
2.5.1	Método de Mensuração da Degradação (MMD)	29
2.5.2	Indicadores de degradação	32
2.6	Variabilidade da evolução da degradação	35
3	METODOLOGIA	38
3.1	Levantamento e caracterização das amostras da base de dados	40
3.1.1	Organização dos dados e seleção das variáveis	41
3.2	Tratamento dos dados e amostragem.....	43
3.3	Cálculo dos indicadores de degradação.....	47
3.3.1	Degradação da fachada em função da região	47
3.3.2	Degradação nos andares	48
3.4	Análise da variabilidade	49
4	RESULTADOS	51
4.1	Avaliação inicial da degradação nas amostras em estudo	51
4.1.1	Fator de Danos (FD).....	51
4.1.2	Fator Geral de Degradação (FGD).....	53
4.2	Degradação nas regiões da fachada	61
4.3	Degradação nos Andares	67
4.3.1	Fator Geral de Degradação no Andar (FGDa)	67
4.3.2	Índice de Degradação do Andar (IDa)	70
4.4	Síntese dos resultados e discussões	74
4.4.1	Avaliação nas amostras em estudo.....	75
4.4.1.1	Fator de Danos (FD)	75
4.4.1.2	Fator Geral de Degradação (FGD).....	75

4.4.1	Investigação da variabilidade nas regiões da fachada.....	78
4.4.2	Investigação da variabilidade nos andares da fachada.....	79
5	CONCLUSÕES	83
5.1	Sugestões para trabalhos futuros	84
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
	APÊNDICES	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema do revestimento cerâmico aplicado sobre a base conforme NBR 13755 (ABNT, 2017)	9
Figura 2 - Agentes, mecanismos de degradação e anomalias, adaptado de CÓIAS, 2009.	13
Figura 3 - Critério de classificação do grau de proteção (adaptado de DTU 20.1 de 2020) (Souza, 2019)	25
Figura 4 – Deslocamento do fluxo da água por meio de projeções ou saliências da fachada (Perez, 1988)	29
Figura 5 – Passo a passo do MMD	30
Figura 6 - Exemplo da definição de amostras de fachada, sendo A1 a Amostra 1, A2 a Amostra 2, e assim, sucessivamente.	31
Figura 7 - Detalhes da definição da amostra: (a) obtenção da imagem digital e ortogonalização, (b) esboço de áreas degradadas e (c) representação da malha	32
Figura 8 - Comportamento da degradação ao longo do tempo de edifícios localizados no DF (Souza, 2019)	36
Figura 9 - Comportamento da degradação ao longo do tempo de edifícios em função da orientação cardinal (Souza, 2019)	37
Figura 10 - Comportamento da degradação ao longo do tempo de edifícios em função do grau de proteção da fachada (Souza, 2019).....	37
Figura 11 - Organograma da metodologia	39
Figura 12 - Procedimento de eliminação de espúrios (PIAZZAROLLO, 2019).....	44
Figura 13 - Distribuição das amostras conforme variáveis de estudo	45
Figura 14 - Distribuição de acordo com grupo de idade e orientação	46
Figura 15 - Divisão da fachada em amostras e subdividida em andares e regiões	47
Figura 16 – Histograma - Resultados do FD para as amostras.....	52
Figura 17 - Resultados de FD para cada anomalia (FDanomalia)	53
Figura 18 – Curva de degradação com os dados de FGD.....	54
Figura 19 - Histograma - Resultados do FGD para as amostras.....	55
Figura 20 – FGD por grupos de idade	56
Figura 21 - Resultados de FGD das amostras, caracterizados por orientação cardinal ...	57
Figura 22 – FGD das amostras divididas por regiões	61
Figura 23 - IDr das amostras divididas por regiões	62

Figura 24 - Média dos IDr para cada grupo de idade	64
Figura 25 – Histograma para todos os dados de IDr das regiões centrais e extremidades	64
Figura 26 - Histograma do IDr para a região central.....	65
Figura 27 - Histograma do IDr para a região extremidade	65
Figura 28 - Resultados de degradação obtidos a partir da aplicação da Equação do FGDa para cada andar.....	68
Figura 29 - Resultados médios de FGDa por grupo de idade.....	68
Figura 30 – Resultados de IDa para todos os andares de todas as amostras.....	71
Figura 31 - Média dos resultados de IDa por andar.....	72
Figura 32 – Intervalos de andares com IDa's convergentes	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios de desempenho conforme NBR15575 (2021)	6
Tabela 2 - Agentes de degradação que afetam a vida útil das edificações segundo sua natureza e origem, adaptado da ISO 15686-1 (2011).....	10
Tabela 3 - Classificação e agrupamento das anomalias nas fachadas com revestimento cerâmico (adaptado, BAUER et. al. 2020).....	14
Tabela 4 – Nível de influência dos fatores sobre a variabilidade da degradação	23
Tabela 5 - Detalhes construtivos (VIEIRA, 2005; POYASTRO, 2011; HENRIQUE, 2017; CERQUEIRA, 2018).....	26
Tabela 6 – Definição de configurações de amostra (adaptado Bauer et al., 2020).....	31
Tabela 7 - Fator (G) em função das condições de degradação (BAUER et al. 2020). ...	34
Tabela 8 – Fator de gravidade da anomalia (BAUER; SOUZA, 2022).	35
Tabela 9 - Fator de ponderação da importância relativa de cada anomalia (BAUER; SOUZA, 2022).	35
Tabela 10 - Exemplo da planilha de sistematização dos dados obtidos via MMD	41
Tabela 11 - Variáveis do estudo	42
Tabela 12 - Associações entre as variáveis dependentes e independentes	46
Tabela 13 - Exemplos de resultados para IDr	48
Tabela 14 - Exemplos de resultados para FGDa.....	49
Tabela 15 - Exemplos de resultados para IDa	49
Tabela 16 - Tabela padrão ANOVA	50
Tabela 17 - Teste de hipóteses	50
Tabela 18 – Resultados das medidas de dispersão do FGD das amostras	56
Tabela 19 - Resumo dos resultados da Análise da Variância do FGD entre as faixas de idade	58
Tabela 20 - Avaliação do FGD para a divisão por fachadas, em ordem crescente de idades	59
Tabela 21 - Médias do coeficiente de variação.....	60
Tabela 22 - Médias do coeficiente de variação para as fachadas de idades nos intervalos extremos	60
Tabela 23 – Média, desvio padrão e coeficiente de variação para os resultados de IDr	63
Tabela 24 – ANOVA para regiões.....	66
Tabela 25 – ANOVA para as regiões por grupos de idades	66

Tabela 26 – Síntese dos resultados da ANOVA	67
Tabela 27 - Resultado da dispersão entre andares para cada grupo de idades.....	69
Tabela 28 - Medidas de dispersão do FGDa para os andares, para cada grupo de idade	69
Tabela 29 - Medidas de dispersão do IDa para os andares	71
Tabela 30 - ANOVA do IDa para todos os andares.....	72
Tabela 31 - Resultados do teste T-student do índice IDa os agrupamentos de andares .	73
Tabela 32 – Variabilidade do índice IDa para os andares.	74
Tabela 33 – Síntese dos resultados de variabilidade para FGD.....	76
Tabela 34 - Síntese dos resultados de IDr para os grupos de idade	79
Tabela 35 - Síntese dos resultados quantitativos da média do IDa para todas as amostras	
– Andares organizados em ordem decrescente de importância.....	80
Tabela 36 - Valores médios de FGDa e IDa para os andares	81
Tabela 37 - Valores médios de FGD E IDa para andares agrupados	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANOVA	Análise de Variância
ASTM	American Society for Testing and Materials
BSI	British Standards Institution
DF	Distrito Federal
DMM <i>Project</i>	Projeto Degradação – Mensuração e Modelação
F	Valor estatístico Fcalculado (F calculado)
FD	Fator de Danos
FDanomalia	Fator de Danos das anomalias
FGD	Fator Geral de Degradação
FGDa	Fator Geral de Degradação do andar
gl	Graus de liberdade
Gn	Fator de Gravidade da anomalia
Gmax	Soma dos fatores de severidade máximo alcançados pelas anomalias = 14
IDa	Índice de Degradação do andar
IDr	Índice de Degradação da região
ISO	Organização Internacional de Normalização
MMD	Método de Mensuração da Degradação
MQ	Média dos Quadrados
NBR	Norma Brasileira
PECC	Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil
R ²	Coeficiente de Determinação
RI	Fator de ponderação da Importância Relativa de cada anomalia
SQ	Soma dos Quadrados
UnB	Universidade de Brasília
UR	Umidade Relativa
VU	Vida Útil
VUP	Vida Útil de Projeto

1 INTRODUÇÃO

Edifícios são sistemas complexos compostos por vários elementos relacionados, coordenados e integrados. O sistema é visto como um todo, formado de partes interligadas entre si, uma dependendo da outra para cumprir sua função. Os elementos juntos são capazes de atender a diversas necessidades, desde funcionais a estéticas (CHINGS, 2016).

A fachada faz parte da envoltória do edifício e juntamente à cobertura é responsável pela separação do interior do edifício do meio exterior, tendo como principal função protegê-lo contra os elementos climáticos, contribuindo para o conforto higrotérmico e acústico dos seus ocupantes (HAAGENRUD, 2004; COIAS, 2007). Dessa forma, exercem papel de extrema importância para a edificação no que diz respeito ao desempenho e durabilidade (SOUZA, 2016; PIAZZAROLLO, 2019). São responsáveis pela aparência visual do edifício e podem transmitir mensagens sobre sua função, estilo arquitetônico e identidade. Uma fachada bem projetada pode contribuir para a valorização e sua integração com o entorno do edifício em um ambiente urbano.

Os revestimentos cerâmicos são amplamente utilizados nas fachadas em todo o mundo devido às suas propriedades técnicas e estéticas e por sua elevada durabilidade. São compostos por placas cerâmicas aderidas às paredes do edifício, formando uma camada protetora que pode ser aplicada em diferentes tipos de substratos, como concreto, alvenaria, madeira, gesso ou metal. Esses revestimentos são conhecidos por sua durabilidade, resistência à umidade, variações de temperatura e radiação solar, além de sua estética atraente.

As fachadas são elementos importantes do edifício e contribuem para o seu desempenho, porém, estão expostas diretamente aos agentes externos climáticos como radiação solar, chuva e vento. Assim como qualquer outro elemento construtivo, são projetadas para serem utilizadas por um determinado período (vida útil), exercendo todas as funções para as quais foram projetadas sem custos de manutenção excessivos. Entretanto, assim que são construídas, já iniciam um processo de deterioração inevitável e perdem progressivamente sua capacidade de desempenho com o tempo (SILVA; DE BRITO; GASPARELLO, 2016).

Com a incidência de agentes e mecanismos, se inicia o processo de deterioração e ocorre a manifestação de anomalias, quando o desempenho é reduzido a nível crítico. Diversos autores buscam estudar as principais anomalias de fachadas com revestimento cerâmico. Em suas

pesquisas, no Brasil e em Portugal, com edifícios inspecionados em uso, constata-se que o descolamento das placas é a mais recorrente e em seguida fissuras, independentemente da localização ou zona da fachada avaliada (GASPAR, 2012; SOUZA; BAUER, 2016; FERREIRA et al., 2019; PIAZZAROLLO, 2019; SILVA; DE BRITO; ALMEIDA et al., 2021).

Tanto a exposição aos agentes, como os mecanismos influenciam de formas diferentes o processo de degradação. Em associação a isso, há outros aspectos, como a sensibilidade dos materiais empregados, a heterogeneidade construtiva, as diversas características arquitetônicas e a questão de trechos mais ou menos abrigados em relação aos agentes, que causam uma heterogeneidade da degradação ao longo das fachadas (COLEN, 2009; CARRETERO-AYUSO et al., 2021a).

Neste sentido, alguns questionamentos são realizados: a variabilidade da degradação na extensão da fachada é significativa? Existe diferença da degradação nas diferentes regiões? Como o processo de degradação das fachadas cerâmicas se diferencia entre os diversos andares do edifício? Há fatores preponderantes causadores dessas variações? Por fim, há trechos específicos da fachada ou determinados elementos que demonstram maior ou menor susceptibilidade à degradação? Compreender essa variabilidade é fundamental para a identificação de causas e o desenvolvimento de estratégias eficazes de inspeção e manutenção (BORDALO et al., 2011; SOUZA; BAUER, 2016; SILVA; BRITO; GASPAR, 2016; SOUZA et al., 2018a, 2020; BRITO; GL, 2020; RODRIGUES NETO; BAUER, 2022a; SOUZA et al., 2022).

1.1 Justificativa da pesquisa e importância do tema

Devido à progressiva degradação do patrimônio edificado e aos elevados custos associados à sua construção, manutenção e reparação, o estudo da durabilidade dos edifícios e da deterioração dos seus elementos, bem como do surgimento e evolução de danos, tem vindo a assumir um papel cada vez mais importante. Assim pesquisas relacionadas à degradação e sua variabilidade estão surgindo e são de grande importância, possibilitando o entendimento do processo e de tendências, bem como dos fatores que a influenciam.

O conhecimento da degradação responde às exigências requeridas pelo setor da construção civil, como a necessidade por projetos cada vez mais duráveis e que garantam a performance ao longo da vida útil. Ter um sistema de fachada capaz de garantir a vida útil e desempenho

adequado para uso assegura a economia dos recursos naturais, evita o desperdício e o retrabalho na construção/manutenção, além de garantir os requisitos de qualidade e sustentabilidade explicitados pela referida norma.

Em âmbito internacional, é elevado o número de estudos relacionados a patologias em edifícios e seus componentes, como estruturas e fachadas (LIMA; MENDONÇA, 2020; CARRETERO-AYUSO; MORENO-CANSADO, 2021; RESENDE et al., 2022), porém ainda é recente o estudo da variabilidade da degradação da envoltória, visto que é uma tarefa complexa pois envolve vários fatores e a combinação entre eles. O problema que se propõe estudar está associado à quantificação dessa variabilidade da degradação e como ocorre nas diferentes posições das fachadas dos edifícios.

A complexidade do fenômeno de degradação diante dos diversos fatores influenciadores do processo e a sua inter-relação torna necessária a presente investigação, uma vez que pode ocorrer a sua variabilidade ao longo da fachada. Identificar a dispersão e os padrões da degradação do revestimento cerâmico bem como as regiões e andares com maior ocorrência de danos é relevante e contribui para o apontamento de elementos com diferentes desempenhos em relação à vida útil. A observação da real situação da degradação, a sua diferenciação e distribuição contribui na elaboração de normativas e parâmetros técnicos para decisões de projetos e execução. Bem como, pode permitir o direcionamento de forma mais eficiente e sustentável de recursos, materiais e mão de obra para áreas mais críticas.

A dissertação pertence à linha de pesquisa intitulada “Desempenho, Vida Útil, Degradação e Patologia no Ambiente Construído” do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil (PECC) da UnB. A investigação visa contribuir com os estudos de fachadas com revestimento cerâmico de modo a tentar explicar o processo de degradação, a sua variabilidade e os fatores ligados a ela a partir da base de dados do Projeto “Degradação – Mensuração e Modelação (DMM *Project*).

A base de dados é uma coletânea organizada de informações ou dados que são armazenados eletronicamente em um sistema de computador. Esses são estruturados de maneira que possam ser facilmente acessados, gerenciados e atualizados. A base de dados utilizada encontra-se consolidada com dados quantitativos do estado de fachadas, obtidos por inspeções de edifícios em serviço do Distrito Federal (DF) e já foi empregada por diversos pesquisadores (SILVA, 2014; SOUZA; BAUER, 2016; PIAZZAROLLO, 2019; SOUZA, 2019; BAUER; DE SOUZA; PIAZZAROLLO, 2020; DE ANDRADE; BAUER; SOUZA, 2023) no que se refere a

mensuração e modelação da degradação e previsão de vida útil. Nesta pesquisa, utiliza-se os dados para investigar a variabilidade da degradação, buscando os fatores que podem explicá-la ou que sejam indicativos de tendências ou padrões para esse processo.

Essa base é composta por tabelas, que são estruturadas em colunas e linhas. Cada coluna representa um atributo ou campo de informação específico, enquanto cada linha contém um registro de dados. Por exemplo, uma tabela tem colunas como "ID do Edifício", "Nome do Edifício", "Idade" e "Número de andares". Cada linha nessa tabela representaria uma amostra do edifício específico com suas informações correspondentes. Ela foi projetada para facilitar o armazenamento eficiente de grandes volumes de dados e permite que os pesquisadores façam consultas para obter informações específicas quando necessário.

Os defeitos podem ocorrer em diferentes intensidades e tipos, dependendo da sua posição no plano da fachada, desta forma, é provável que exista uma relação entre as causas do surgimento das anomalias e as zonas em que ocorrem (BAUER et al., 2011; PIAZZAROLLO, 2019; RODRIGUES NETO; BAUER, 2022a) como também pode ocorrer para os andares e regiões. Neste aspecto, torna-se importante medir a intensidade das anomalias em diferentes posições do plano da fachada. A elaboração desta dissertação justifica-se pela necessidade de entender de forma mais ampla a degradação, a variabilidade desse processo entre as diferentes posições da fachada, e os fatores influenciadores.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta dissertação é investigar de forma abrangente o comportamento quanto a variabilidade da degradação em fachadas de edifícios com revestimento cerâmico aderido, em função das idades, das regiões e andares da fachada, utilizando ferramentas estatísticas pertinentes, e apresentar padrões da degradação.

1.2.2 Objetivos específicos

Para cumprir o que foi proposto no objetivo geral, será necessário desenvolver os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar a degradação nas fachadas por meio de indicadores de degradação, a fim de identificar a sua variabilidade nas amostras dos edifícios selecionados.
- Quantificar a degradação das amostras da fachada separadas por regiões, central e extremidade, e apresentar a variabilidade da degradação entre elas, levando em consideração as idades dos edifícios.
- Propor índices de mensuração da degradação nos andares da fachada, na busca de quantificar a degradação de forma segmentada nos diferentes andares.
- Apresentar a variabilidade da degradação entre os andares, levando em consideração as idades dos edifícios, com objetivo de buscar comportamentos e tendências da distribuição da degradação.

1.3 Estrutura do trabalho

A presente investigação está organizada em cinco capítulos, sendo este primeiro relativo à introdução e contextualização da pesquisa. Inclui-se neste capítulo a motivação para trabalhar com variabilidade da degradação de fachadas cerâmicas, o objetivo geral, os objetivos específicos, a justificativa, bem como a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica que discorre sobre desempenho, durabilidade, vida útil e degradação das fachadas. São discutidos os principais agentes e mecanismos de degradação. Discorre-se sobre a variação da degradação, levantando os principais fatores responsáveis. São apresentados os principais métodos de quantificação da degradação e os indicadores para mensuração dela, assim como modelos de curvas de degradação proveniente de outras pesquisas.

O terceiro capítulo corresponde a metodologia aplicada para alcançar os objetivos propostos. Apresenta-se aspectos relacionados ao Método de Mensuração da Degradação, à obtenção da base de dados, caracterização da amostragem e os cálculos dos indicadores de degradação, bem como às aplicações de métodos estatísticos para análise da variabilidade. O capítulo 4 explora os resultados obtidos, organizados em etapas, primeiramente aqueles relacionados à variabilidade da degradação nas amostras selecionadas em geral, e posteriormente nas regiões e nos andares das fachadas. Ao fim, apresenta-se uma síntese dos resultados e suas discussões, correlacionando com outras pesquisas da área. No quinto capítulo discorre as conclusões do estudo, buscando responder as perguntas elencadas e apresenta as sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A envoltória do edifício tem como função além da estética, a proteção da edificação frente às intempéries, promovendo segurança e conforto aos usuários. As fachadas, em especial, contribuem significativamente no desempenho e durabilidade do edifício. A caracterização das mesmas e os seus elementos constituintes são solicitados e respondem aos agentes de formas diferentes. Neste sentido, torna-se importante a definição de alguns conceitos e métodos fundamentais no estudo da variabilidade da degradação.

2.1 Desempenho, Durabilidade e Vida útil

O desempenho refere-se à capacidade de um edifício atender às necessidades e expectativas dos seus usuários, tanto em termos de funcionalidade quanto de conforto, segurança, sustentabilidade e eficiência energética, de acordo com a NBR15575-1 (ABNT, 2021a). Neste sentido, o desempenho é colocado como níveis de exigências que devem ser atendidos pelos elementos componentes do edifício. Existem diversos aspectos que podem influenciar o desempenho de uma edificação, incluindo o projeto arquitetônico, os materiais de construção, os sistemas de infraestrutura, a manutenção adequada e o uso correto (PIAZZAROLLO, 2019).

A norma brasileira de desempenho NBR15575 (ABNT, 2021b) estabelece critérios que as edificações devem garantir para atender às especificações de desempenho: segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Sendo obedecidos esses critérios, considera-se que estejam atendidos os requisitos de desempenho do usuário. A Tabela 1 apresenta esses requisitos e os fatores que os expressam.

Tabela 1 - Critérios de desempenho conforme NBR15575 (2021)

Critérios de desempenho	Fatores
Segurança	Segurança estrutural
	Segurança contra fogo
	Segurança no uso e na operação
Habitabilidade	Estanqueidade
	Desempenho térmico
	Desempenho acústico
	Desempenho lumínico
	Saúde, higiene e qualidade do ar
	Funcionalidade e acessibilidade
	Conforto tátil e antropodinâmico

Critérios de desempenho	Fatores
Sustentabilidade	Durabilidade
	Manutenibilidade
	Impacto ambiental

De acordo com a NBR 15575-1 (ABNT, 2021a), as fachadas devem exercer suas funções de estanqueidade à água, isolamento térmico e acústico, capacidade de suporte a esforços, e ainda devem interagir com os demais componentes do sistema. As fachadas podem estar sujeitas a diferentes formas de degradação ao longo do tempo, que podem afetar o seu desempenho. É de extrema importância a preocupação com a qualidade e comportamento dos revestimentos, de modo que desempenhem bem suas atribuições e, também, satisfaçam as necessidades dos usuários para as diferentes solicitações que influenciam na sua durabilidade e na sua vida útil (BORDIN; LANTELME; COSTELLA, 2021).

A norma de desempenho inclui a durabilidade como fator de expressão da sustentabilidade, que se concentra em assegurar que as fachadas dos edifícios resistam às condições ambientais e ao desgaste ao longo do tempo, sem sofrer deterioração prematura. Deve-se estabelecer manutenção frequente das fachadas, contribuindo para a sua durabilidade, aumentando a expectativa quanto à vida útil, garantindo que elas permaneçam funcionais e esteticamente aceitáveis por um período definido. Diversas pesquisas (SILVA et al., 2011; CHAI et al., 2015; GASPAR, 2017; NEVES et al., 2018; PEREIRA et al., 2020a; FERREIRA et al., 2021a) buscam fazer previsões da vida útil de componentes da edificação e propõem modelos para gestão da manutenção.

A durabilidade refere-se à capacidade do edifício em desempenhar suas funções para qual foi projetado durante determinado período, mesmo sob ação dos agentes de deterioração (ASTM E632, 1996). É importante destacar que não é uma propriedade inerente de um material ou componente, mas a sua capacidade em conservar ao longo do tempo, sob condições de instalação, operação e manutenção especificadas, o desempenho compatível com a utilização prevista no projeto (SILVA, 2014). Ela é resultado da interação entre o material e o ambiente que o cerca.

O fim da durabilidade de um produto ocorre 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. No contexto de edificações, aspectos de

durabilidade e desempenho se colocam como prioridades fundamentais, de modo a desenvolver soluções duráveis no tempo, funcionais e economicamente viáveis para a vida útil das edificações (SILVA et al., 2013).

A vida útil (VU) pode ser definida como o período em que todo o edifício e suas partes atendem ou excedem os requisitos mínimos de desempenho, considerando a periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no manual de uso, operação e manutenção, para que não sejam perdidos os prazos de garantia (ABNT; NBR15575-1, 2021; BSI 15686-1, 2011). De forma resumida, 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 na NBR 15575-1 (ABNT, 2021b). Essa norma sugere para a vida útil de projeto (VUP) de vedações verticais externas um tempo mínimo e superior de 40 e 60 anos, respectivamente, e para revestimentos de fachada aderidos ou não, o mínimo de 20 e superior de 30 anos.

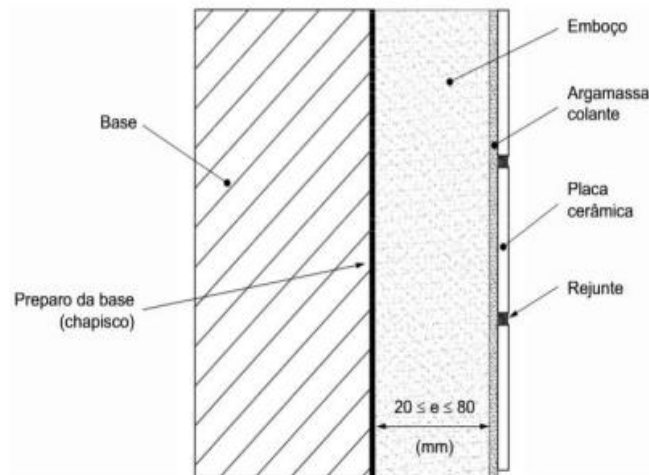
Os custos globais e de manutenção estão intrinsecamente ligados ao perfil de durabilidade dos materiais e componentes utilizados na construção. Um revestimento cerâmico de alta durabilidade requer menos intervenções ao longo do tempo, enquanto revestimentos de baixa durabilidade podem exigir reparos mais frequentes e, eventualmente, a substituição completa. Isso significa que, se os revestimentos cerâmicos forem escolhidos e instalados adequadamente, eles podem resistir melhor às condições climáticas adversas, poluição ambiental e outras formas de degradação, resultando em custos de manutenção mais baixos (COLEN, 2009; DIAS; FLORES-COLEN; SILVA, 2021).

2.2 Fachadas com revestimento cerâmico

O sistema de revestimento cerâmico é formado por múltiplas camadas aplicadas sobre uma base, que pode ser de concreto, alvenaria de tijolos maciços ou cerâmicos, blocos de concreto, metais, dentre outros. É importante que seja sólida, nivelada e capaz de suportar a carga do revestimento. Sobre ela é aplicado o chapisco com objetivo de uniformizar a absorção da superfície e melhorar a aderência do revestimento. A próxima camada é o emboço, argamassa aplicada sobre o chapisco para cobrir, nivelar e regularizar a superfície. O emboço recebe uma porção de argamassa colante para fixação da placa cerâmica, camada visível da fachada.

Entre as placas cerâmicas utiliza-se argamassa de rejuntamento, para aplicação nas juntas de assentamento. As juntas atuam para acomodar as movimentações das peças, devido a expansões por umidade e temperatura (LODETTI; ANTUNES, 2018). Essas juntas permitem que as cerâmicas se deformem ligeiramente sem causar tensões excessivas, ajudando a prevenir fissuras. O esboço do sistema pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Esquema do revestimento cerâmico aplicado sobre a base conforme NBR 13755 (ABNT, 2017)



O revestimento cerâmico está sujeito a deformações devido às ações de agentes climáticos e, em virtude das variações de temperatura e umidade e da carga estrutural. Na presença de água, ocorre expansão, que pode ocasionar o aumento das dimensões do sistema construtivo, ou de uma ou mais de suas camadas (NASTRI, 2015; RODRIGUES, 2015; VAZ; CARASEK, 2019). Uma deformação em uma única camada poderá resultar em esforços em todo o conjunto, variando de acordo com as suas características e dos materiais empregados. A escolha adequada de materiais e a instalação correta das camadas do sistema são essenciais para garantir que o sistema seja capaz de acomodar essas deformações sem comprometer a integridade da fachada.

2.3 Degradação de fachadas

A degradação é definida como o processo inerente à ação de um agente ou do conjunto deles, o qual provoca mudanças nas propriedades de um material, sistema ou componente, podendo essas propriedades serem afetadas de forma física, mecânica ou elétrica (BSI 15686-8, 2008). De forma geral, pode ser entendida como a perda de desempenho (funcionalidade) de um edifício e de seus sistemas devido à atuação de agentes que afetam negativamente o

desempenho dos componentes e materiais do edifício e, conseqüentemente, redução da vida útil (SANTOS, 2018).

Em geral, o processo de degradação se inicia com a incidência de agentes. Há a penetração do agente agressor na fachada, que pode ocorrer por diferentes vias, como a infiltração de água, ação da radiação, variação térmica, entre outros fatores. Por meio dos mecanismos específicos, o agente interfere nas propriedades do revestimento, causando alterações que afetam sua aderência, integridade e aparência, se manifestando na forma de anomalias ou defeitos (BAUER; SOUZA; MOTA, 2021).

2.3.1 Agentes e mecanismos de degradação

Agentes de degradação são fatores ambientais, químicos, físicos ou biológicos que podem causar danos aos componentes e materiais de construção ao longo do tempo. Esses agentes podem ser externos, como a ação da chuva, do vento, da radiação solar, poluição, impactos; ou ser internos, como o desgaste devido ao uso (ASTM E632, 1996; SANTOS, 2018a).

Eles podem agir de maneira isolada ou combinada, intensificando e acelerando o processo. Pode existir uma sinergia entre eles, que reflete nos níveis de degradação (NASCIMENTO, 2016; ANDRADE, 2022; DE ANDRADE; BAUER; SOUZA, 2023). Na Tabela 2 é possível verificar que os agentes podem ser divididos quanto a sua origem interna ou externa ou em relação a sua natureza. O tipo de agente, a sua intensidade e a duração da sua ação podem ser aspectos que influenciam na variabilidade da degradação (PEDROSO et al., 2020).

Tabela 2 - Agentes de degradação que afetam a vida útil das edificações segundo sua natureza e origem, adaptado da ISO 15686-1 (2011)

Natureza	Origem externa à construção		Origem interna à construção	
	Atmosférica	Solo	Ocupação	Consequência do projeto
1. Agentes mecânicos				
1.1 Gravidade	Neve, chuva	Pressão das terras	Sobrecargas	Cargas permanentes
1.2 Ações e deformações impostas	Dilatações térmicas e higroscópicas	Assentamentos, escorregamentos	Esforços de manobra	Fluência, forças e deformações impostas
1.3 Energiacinetica	Vento, choques	-	Choques, atritos	-

Natureza	Origem externa à construção		Origem interna à construção	
	Atmosférica	Solo	Ocupação	Consequência do projeto
1.4 Vibrações e ruídos	Ruídos	Sismos vibrações	Ruídos, vibrações	Ruídos, vibrações
2. Agentes eletromagnéticos				
2.1 Radiação	Radiação solar	-	Lâmpadas, radiações	Radiações
2.2 Eletricidade	-	Correntes aleatórias	-	Correntes
2.3 Magnetismo	-	-	Campos magnéticos	Campos magnéticos
3. Agentes térmicos				
3.1 Térmicos	Calor, gelo, choque térmico	Calor, gelo	Calor emitido	Aquecimento, fogo
4. Agentes químicos				
4.1 Água e solventes	Umidade do ar, condensação, precipitações	Água da superfície, água subterrânea	Projeção de água, condensação, detergentes, álcool	Distribuição de água. Águas residuais, infiltrações
4.2 Oxidantes	Oxigênio, ozônio, óxidos de azoto	-	Água oxigenada	Potenciais eletroquímicos positivos
4.3 Redutores	-	Sulfuretos	Agentes de combustíveis de amônio	Agentes combustíveis, potenciais eletroquímicos negativos
4.4 Ácidos	excrementos de pássaros, ácido sulfúrico	Ácidos carbônico, ácidos húmicos	Vinagre, ácido cítrico, ácido carbônico	Ácido sulfúrico, ácido carbônico
4.5 Bases	-	Cal	Soda caustica, potassa caustica, hidróxido de amônio	Soda caustica, cimentos
4.6 Sais	Nevoeiros salinos	Nitratos, fosfatos, cloretos e sulfatos	Cloreto de sódio	Cloreto de cálcio, sulfatos, gesso
4.7 Materiais inertes	Poeiras, fuligem	Calcário, sílica	Gorduras, óleos, tintas, poeiras	Gorduras, óleo, poeiras, fuligem
5. Vegetais e microrganismos				
5.1 Vegetais e microrganismos	Bactérias	Bactérias, raízes	Bactérias, plantas	-
5.2 Animais	Insetos	Roedores, vermes	Animais domésticos	-

Os mecanismos de degradação são os processos pelos quais esses agentes atuam nos materiais, causando alterações em suas propriedades físicas, químicas e mecânicas e que levam a alterações prejudiciais em uma ou mais propriedades de um componente ou material de construção quando exposto a um ou mais agente.

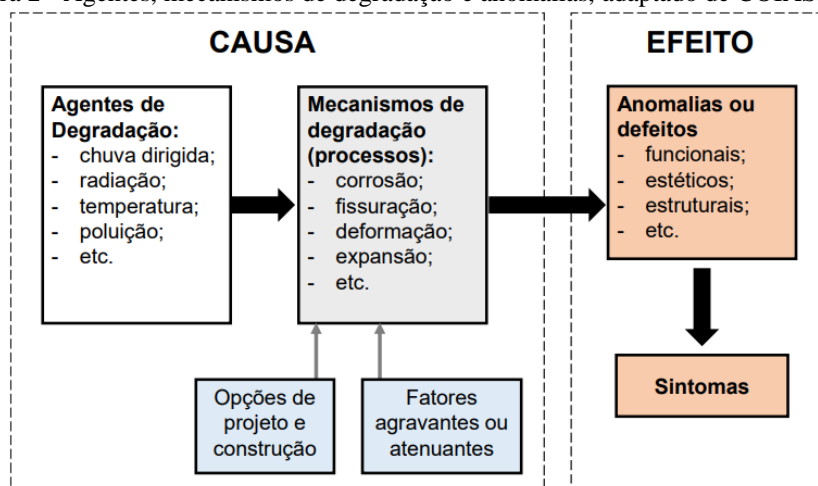
O mecanismo é peculiar a natureza físico-química dos elementos e materiais e para haver degradação, deve ser alimentado pelos agentes respectivos. Os mecanismos podem variar de acordo com o tipo de material, a sua composição, a sua exposição ao ambiente, entre outros fatores. Como exemplos tem-se a corrosão, a erosão, a abrasão, a variação térmica, a fadiga, a fissuração, a oxidação, a degradação química e biológica, descolamento, manchamento, dentre vários outros (ASTM E632, 1996; COLEN, 2009; FERREIRA et al., 2021a). Eles podem estar associados aos agentes, bem como a outros mecanismos, como o caso do descolamento que pode ser originado ou intensificado pela fissuração (BAUER; SOUZA; MOTA, 2021).

Abordar os fatores que influenciam no processo de degradação dos edifícios, implica relacionar a velocidade de degradação em função do tempo, considerando a sensibilidade e quantidade de agentes que incidem sobre um elemento. Aspectos circundantes (como zonas marítimas e industriais), somados com o efeito da limpeza e acumulação, afetam a ação dos agentes na fachada. Outra questão a se considerar, é o efeito das ações de reparo e manutenção, uma vez que ao serem realizados, reduz a força da degradação.

2.3.2 Anomalias em fachadas

As anomalias são problemas ou defeitos que podem surgir durante a instalação, manutenção ou uso do sistema de revestimento cerâmico (SILVESTRE; SILVA; DE BRITO, 2015; PEREIRA et al., 2020b; CARRETERO-AYUSO et al., 2021a). Elas se originam da ação dos agentes, os quais por mecanismos específicos levam a deterioração ou queda de desempenho dos edifícios e seus elementos (BAUER; SOUZA; MOTA, 2021). A Figura 2 ilustra a relação de causa e efeito entre agentes, mecanismos e anomalias.

Figura 2 - Agentes, mecanismos de degradação e anomalias, adaptado de CÓIAS, 2009.



A relação de causa e efeito é direta: os agentes desencadeiam mecanismos de degradação que, por sua vez, resultam em anomalias ou danos visíveis nas fachadas (sintomas). A intensidade dos agentes depende das variações climáticas e os mecanismos dependem das características físicas, químicas, mecânicas e propriedades dos materiais, e do grau de exposição da fachada aos agentes. Desta forma, a localização geográfica e as condições de contorno do edifício, bem como o microclima se tornam fatores agravantes ou atenuantes da degradação.

Os fatores agravantes ou atenuantes dos mecanismos são variáveis ou condições que têm impacto direto na magnitude e na velocidade dos processos de deterioração que afetam as superfícies (COIAS, 2009). Eles podem aumentar ou diminuir a taxa de degradação e a severidade dos danos. Como fatores agravantes pode citar o ambiente agressivo, alta frequência de precipitação e exposição direta ao sol. Esses fatores tendem a aumentar a variabilidade da degradação, uma vez que podem causar danos mais severos e imprevisíveis. Entre fatores atenuantes tem-se a escolha de materiais duráveis, elaboração de projetos adequados, manutenção regular e localização geográfica favorável. Eles tendem a reduzir a variação, pois ajudam a prevenir danos ou a mantê-los em níveis controlados. A combinação desses fatores em um ambiente específico determinará a amplitude da variabilidade da degradação em fachadas de edifícios.

A seleção de materiais e sistemas construtivos (utilização de materiais mais ou menos resistentes aos agentes ambientais), assim como do método de construção ou outras opções gerais de projeto e execução também podem ser determinantes para os mecanismos de degradação. Um projeto que inclui adequadas proteções contra a infiltração de água, um sistema de ventilação eficiente e detalhes construtivos adequados pode ajudar a evitar problemas relacionados à umidade. Por outro lado, a ocorrência de anomalias, resultado da ação dos


mecanismos, é condicionada, principalmente, pelas características dos materiais (TABATABAEI; FAYAZ, 2023).

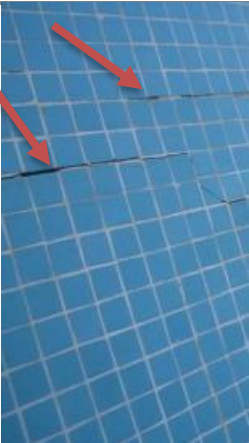
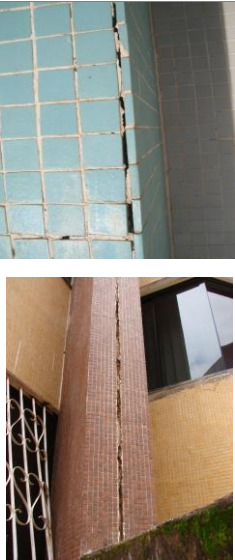

As anomalias ou defeitos podem ser classificados como funcionais, estéticos ou estruturais, de acordo com o desempenho afetado. Diversos autores buscam estudar as principais anomalias de fachadas com revestimento cerâmico. Entre elas, pode-se citar o descolamento ou perda de aderência, fissuras, deterioração da cerâmica (esmagamento das bordas, desgastes ou arranhões), eflorescências, deterioração das juntas, anomalias estéticas, e defeitos visuais e superficiais (BAUER; SOUZA; MOTA, 2021).

Silvestre (2005), em Portugal, divide as anomalias de revestimento cerâmico aderido em quatro grandes grupos, sendo eles: descolamento sem ou com desprendimento, fendilhação, deterioração de juntas ou de ladrilhos e por fim, anomalias estritamente estéticas. Esses grupos são utilizados em inúmeras pesquisas para definição do Índice de Severidade de Degradação para revestimentos cerâmicos (Sw) (SILVESTRE; DE BRITO, 2009; BORDALO et al., 2011; GALBUSERA; DE BRITO; SILVA, 2015).

Em pesquisas com edifícios de Brasília, de até 63 anos, destacam quatro grupos relevantes de anomalias: Descolamento cerâmico, Fissuração, Falhas nas juntas e Manchas (SILVA, 2014; SOUZA, 2019; BAUER; DE SOUZA; PIAZZAROLLO, 2020). Esses são os mesmos utilizados para o desenvolvimento do Método de Mensuração da Degradação (MMD). A descrição dessas anomalias se encontra na Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação e agrupamento das anomalias nas fachadas com revestimento cerâmico (adaptado, BAUER et. al. 2020).

Grupo de anomalias	Exemplo	Descrição
Descolamento cerâmico	 <p data-bbox="400 1951 663 1984">Fonte: SILVA (2014)</p>	Envolve todas as anomalias associadas com o desprendimento de peças cerâmicas de fachadas, independentemente da causa (estresse, tensão, deslocamento, falhas na execução, entre outras), e independentemente de como ela ocorre (na superfície, na base de argamassa, entre outras). Ele ocorre quando o revestimento cerâmico se separa da superfície de base, seja parcialmente ou completamente.

Grupo de anomalias	Exemplo	Descrição
Fissuração	 <p data-bbox="405 723 651 757">Fonte: (SILVA, 2014)</p>	<p data-bbox="678 271 1402 723">A fissura é uma falha parcial, visível e mensurável através de uma superfície, no qual antecede a fratura. A fratura é a separação de um objeto de duas ou mais partes, que ocorre, geralmente, pelo desenvolvimento de uma fissura devido a concentração e repetição de tensões (BROEK, 1989; CALLISTER, 2016). Envolve todas as fissuras no revestimento cerâmico, independentemente de sua manifestação e origem, bem como da localização da fachada onde ocorre. Fissuras podem comprometer a integridade do revestimento e permitir a entrada de água e umidade, levando a danos adicionais.</p>
Falha nas juntas	 <p data-bbox="411 1344 651 1377">Fonte: (SILVA, 2014)</p>	<p data-bbox="678 981 1402 1137">Anomalias observadas em qualquer junta na fachada. Qualquer situação é computada, tais como: rachaduras e remoção do material de enchimento, falhas nos selantes, entre outros.</p>
Manchas	 <p data-bbox="411 1653 651 1686">Fonte: (SILVA, 2014)</p>	<p data-bbox="678 1397 1402 1720">Manchas superficiais de qualquer natureza, como eflorescência, umidade, desbotamento, sujeiras, entre outras. São depósitos ou acúmulos de substâncias na superfície do revestimento cerâmico. Elas podem ser causadas pela presença de sais minerais, impurezas, resíduos de argamassa, água de chuva contaminada, entre outros fatores. Essas manchas afetam a aparência estética do revestimento.</p>

Diversas pesquisas que abordam os processos de degradação das fachadas de revestimento cerâmico evidenciam o descolamento cerâmico como o dano mais frequente, seguido dos danos referentes à fissuração, independentemente da localização ou zona da fachada avaliada (SILVESTRE, 2005; ANTUNES, 2010; BAUER et al., 2011; GASPAR, 2012; SOUZA;

BAUER, 2016; FERREIRA et al., 2019; PIAZZAROLLO, 2019; SILVA; DE BRITO; SOUZA et al., 2020; ALMEIDA et al., 2021; CARRETERO-AYUSO et al., 2021b). As referências mencionadas sustentam essa observação, enfatizando a importância de compreender e abordar os desafios associados ao descolamento e à fissuração em sistemas de revestimento cerâmico.

Cita-se como possíveis causas do descolamento cerâmico: os gradientes de temperatura que provocam a dilatação e/ou retração dos materiais gerando esforços de compressão ou tração entre os elementos constituintes do sistema; os ciclos de secagem e molhagem, provocados pela penetração de umidade nas regiões fissuradas, seja nas juntas ou nas pastilhas (ANTUNES, 2010; BAUER et al., 2011; BAUER; CASTRO; SILVA, 2015); as movimentações cíclicas diferenciais na estrutura; a expansão por umidade da peça cerâmica (defeito da cerâmica), a falta de qualidade na seleção dos materiais e erros construtivos; além da falta de manutenção periódicas nos sistemas (SANTOS, 2017).

No caso da penetração de água, que é um dos principais mecanismos de degradação, pode ocorrer por meio de juntas mal executadas, fissuras, porosidades ou outras falhas no sistema de revestimento. A presença de umidade pode então interferir na aderência da argamassa de fixação, causando o descolamento das placas cerâmicas. O constante ciclo de aquecimento e resfriamento acelera ainda mais o processo de degradação, por causar tensões diferenciais que pode levar a fadiga dos materiais, acarretando o surgimento de anomalias (BAUER et al., 2020).

As causas para a fissuração estão principalmente relacionadas com a movimentação térmica. À medida que um ou mais elementos da fachada se expande ou contrai devido as variações de temperatura e umidade, pode ocorrer tensões que levam à fissuração da superfície. A falta de juntas de dilatação pode contribuir para esse processo. As fissuras podem permitir a entrada de água da chuva no interior do edifício. Isso pode levar a danos adicionais, como a deterioração de materiais internos, o crescimento de mofo e bolor e a degradação da estrutura, além de prejudicar a estética da edificação (CALLISTER, 2016).

As falhas das juntas podem ocorrer por seleção inadequada de materiais ou por envelhecimento. Com o passar do tempo, os materiais das juntas podem sofrer um envelhecimento natural devido à exposição a elementos ambientais, como luz solar, chuva, umidade e variações de temperatura que podem causar ressecamento, fissuras e perda de elasticidade. Além disso, se essas juntas não forem projetadas adequadamente ou não receberem manutenção regular, podem se desgastar e se deteriorar com o tempo devido à constante movimentação (SILVESTRE; DE

BRITO, 2007; CARRETERO-AYUSO; MORENO-CANSADO; GARCÍA-SANZ-CALCEDO, 2019a).

As manchas em fachadas de edifícios podem ter várias causas, muitas das quais estão relacionadas a fatores ambientais e ao uso inadequado de materiais de construção ou revestimento. Em áreas com alta umidade, o mofo e os fungos podem se desenvolver nas superfícies, deixando manchas verdes, pretas ou escuras. Infiltrações de água nas fachadas devido a juntas mal seladas ou revestimentos com falhas podem resultar em manchas de umidade e eflorescências. Materiais de revestimento podem se desgastar com o tempo devido à exposição às intempéries, resultando em manchas e descolorações (CARRETERO-AYUSO et al., 2021a).

Essas anomalias podem comprometer a aparência, a integridade estrutural e o desempenho das fachadas cerâmicas. É importante realizar inspeções regulares, adotar medidas preventivas durante a instalação, como o uso de materiais adequados e a correta execução dos sistemas, e realizar a manutenção apropriada para minimizar esses problemas, garantindo a durabilidade (PEREIRA et al., 2020b).

2.4 Variação da degradação na fachada

A deterioração de revestimentos de fachadas é decorrente de múltiplos fatores, e esses são condicionantes da variabilidade da degradação. As causas e o comportamento da degradação não são completamente conhecidos devido a ações simultâneas e sinérgicas dos vários fatores que influenciam os mecanismos de degradação. O seu comportamento depende do que ocorreu antes do estágio de uso, nas fases de projeto, escolha de materiais e execução, das condições climáticas e atmosféricas adversas, do uso, das características arquitetônicas e da falta de manutenção (SHOHET et al., 1999; HOVDE, 2004;).

Embora existam diversos fatores de degradação, a idade é inquestionavelmente o principal, pois mesmo que um sistema de revestimento apresente as melhores condições possíveis, o envelhecimento deste sistema é de ordem natural (SHOHET; PACIUK, 2006; SILVA; BRITO; GASPAR, 2016). Além da idade, a própria norma ISO 15686-7 (2017), de determinação da vida útil, estabelece por meio do método fatorial, sete fatores condicionantes para o processo de degradação. Ou seja, estudando vida útil, a norma já pondera o efeito de vários fatores que geram diferenciação da degradação.

O método fatorial (MF) consiste na ponderação da vida útil de referência (VUR) por uma série de fatores adaptados a condições específicas de cada caso para a determinação da vida útil estimada (VUE), conforme descrito na Equação 1 (HOVDE, 1998; ISO 15686-7, 2017; W080, 2021). A norma sugere adotar valores para os fatores entre 0,8 e 1,2. Os fatores condicionantes de degradação podem atuar sobre a VUR positivamente, quando maiores que 1,0, ou negativamente, quando menores que 1,0.

$$VUE = VUR . A . B . C . D . E . F . G \quad (1)$$

Em que:

VUE: vida útil estimada;

VUR: vida útil de referência;

A: fator referente a qualidade de materiais;

B: fator referente ao nível de projeto;

C: fator referente ao nível de execução;

D: fator referente às condições internas;

E: fator referente às condições externas;

F: fator referente às ações de uso;

G: fator referente à frequência de manutenção.

2.4.1.1 Qualidade dos componentes (Fator A)

O Fator A se refere a qualidade dos componentes e reflete às características físicas dos materiais constituintes do sistema em análise. Em relação às características dos materiais, os revestimentos cerâmicos apresentam uma enorme variedade de acabamento, os quais variam desde cores, tamanhos, absorção e até mesmo texturas, refletindo na diferenciação da variabilidade. Em sistemas de fachadas devem ser consideradas as características da cerâmica, o material aplicado ao enchimento das juntas, a argamassa de assentamento, argamassa colante entre outras (AMARO et al., 2013; MADUREIRA et al., 2017).

Projeto do sistema de vedação e a especificação de materiais corretos é fundamental para que o desempenho esperado seja alcançado. Várias anomalias surgem no sistema de vedação devido especificação incorreta dos materiais (GAIÃO; DE BRITO; SILVESTRE, 2012). De acordo com alguns estudos (YIU; HO; LO, 2007; ORCESI et al., 2022;), a escolha inadequada de

materiais pode acelerar o processo de degradação e, conseqüentemente, diminuir a durabilidade de todo o sistema.

A escolha de sistemas e materiais na construção de fachadas de edifícios pode ter um impacto significativo na durabilidade, degradação, vida útil e variabilidade da degradação. Materiais resistentes à umidade, corrosão e desgaste tendem a ter uma vida útil mais longa e a sofrer menos degradação ao longo do tempo. Materiais de qualidade inferior são mais propensos a degradação. Diferenças na escolha do material e dos sistemas de revestimento podem gerar variabilidade na taxa de degradação e na manifestação de danos.

2.4.1.2 Nível de projeto (Fator B)

O Fator B se refere ao nível de projeto e menciona sobre a análise detalhada de como o projeto influencia na degradação do edifício e seus constituintes. O nível de projeto refere-se à qualidade, especificações, detalhamento e requisitos de design estabelecidos durante a fase de planejamento e concepção de um edifício. O estudo e desenvolvimento do projeto de fachada arquitetônico e/ou executivo adequados podem atenuar a ação dos mecanismos de degradação e conseqüentemente aumentam a durabilidade. A NBR 13755 (ABNT, 2017) traz uma série de orientações para projetos de fachadas, incluindo o conteúdo mínimo que ele deve apresentar, exigências arquitetônicas, especificações de juntas etc.

Um projeto bem elaborado leva em consideração a seleção adequada de materiais, técnicas de construção, tolerâncias, padrões de qualidade e requisitos de desempenho. Um projeto de alta qualidade tende a resultar em edifícios mais duráveis e com menor variabilidade na degradação ao longo do tempo, porque os materiais e métodos são escolhidos com base em sua capacidade de resistir ao envelhecimento e às condições ambientais (WHITE et al., 2015; POSSAN et al., 2017). Chew et al. (2006) afirmam que as fachadas com vida útil prolongada podem ser obtidas quando os projetistas consideram os diversos fatores de degradação atuantes.

O desempenho do edifício depende de escolhas adequadas desde o início de sua concepção, como a análise das características do entorno natural e construído, bem como sua localização e orientação com relação ao sol pois as decisões de design podem impactar em como os agentes de degradação afetam a estrutura ao longo do tempo (QU et al., 2010; MORRISSEY et al., 2011). Como exemplo, fachadas com significativa exposição à água devem apresentar elementos que impeçam o percurso da água ao longo da mesma ou o seu ingresso para o interior

do sistema. Alguns fatores determinantes no surgimento de anomalias estão relacionados a ausência de projetos ou detalhamento no projeto de fachadas, tais como posicionamento das juntas (BLOCKEN e CARMELIET, 2006; SOUSA et al., 2016).

Souza (2019) avalia diversas variáveis relacionadas ao projeto, como elemento construtivo, existência de juntas, altura do edifício e área da fachada para traçar modelos de previsão de vida útil pelo método fatorial. Já Galbusera et al. (2015) utilizam a existência de diferentes tipos de juntas e o tipo de substrato. A presença ou ausência desses elementos previstos em projetos acarretam diferenciação da degradação.

2.4.1.3 Nível de execução (Fator C)

O Fator C se refere ao nível de execução e contempla a adequação dos procedimentos aplicados durante a fase de construção do edifício, tais como a conformidade do estabelecido em projeto e a qualidade de acabamento. As anomalias que aparecem nas primeiras idades dos revestimentos geralmente são causadas por condições inapropriadas de execução (GASPAR; DE BRITO, 2008).

As condições para o início de cada etapa e o tempo de execução entre elas devem ser respeitados conforme normas e padrões técnicos. O não atendimento dos tempos mínimos e máximos necessários para execução de cada etapa do sistema de revestimento cerâmico predispõem o surgimento de anomalias. A norma brasileira NBR 15825 (2010) especifica a qualificação dos profissionais para executar revestimento de cerâmicas e a norma brasileira NBR 13755 (ABNT, 2017) estabelece as condições para execução e aceitação de revestimentos cerâmicos.

A qualidade da execução durante a construção de fachadas desempenha um papel crucial em sua durabilidade. Mão de obra qualificada e treinada é essencial para garantir que os materiais sejam instalados corretamente, evitando problemas de vazamento, desprendimento, rachaduras e outros defeitos que podem levar à degradação prematura. A supervisão adequada durante a execução é essencial para garantir que o projeto seja seguido rigorosamente. Isso inclui verificar se os materiais estão de acordo com as especificações, se as técnicas de construção estão sendo seguidas e se as etapas de instalação estão ocorrendo de forma adequada. Galbusera et al. (2015) avaliaram a qualidade da mão de obra, evidenciando maior vida útil para maior qualificação.

O processo da construção de fachadas pode contribuir significativamente para a variabilidade da degradação devido a uma série de fatores específicos (GALBUSERA; DE BRITO; SILVA, 2014; SOUZA et al., 2018b):

Aplicação de Revestimentos: Se o revestimento não for aplicado corretamente, com adesão insuficiente ou juntas de vedação mal executadas, isso pode resultar em pontos de fragilidade. A heterogeneidade dos trabalhadores em aplicar o revestimento, bem como a aplicação em certas alturas que pode oferecer maiores dificuldades, podem levar a diferenças na taxa de degradação em áreas diferentes da fachada (GALBUSERA; DE BRITO; SILVA, 2015).

Falhas nas Juntas e Selantes: A qualidade da execução das juntas de dilatação, juntas de vedação e selantes é crítica para a prevenção da infiltração de água. Se essas juntas não forem seladas adequadamente ou se houver falhas na instalação, pode ocorrer variabilidade na forma como a água entra na fachada.

Desalinhamentos e Imperfeições: Execuções deficientes podem levar a desalinhamentos e imperfeições. Esses desalinhamentos podem criar áreas de concentração de estresse, o que pode resultar em rachaduras e degradação diferencial em diferentes partes da fachada.

2.4.1.4 Exposição ao ambiente interno (Fatores D)

A exposição ao ambiente interno também pode afetar a fachada. Por exemplo, vazamentos de água dentro do edifício podem causar danos caso a mesma penetre nas paredes externas. Além disso, a exposição a produtos químicos corrosivos, pode afetar a superfície da fachada. Porém, há pesquisas que afirmam que as condições internas de uso não afetam a parede externa do revestimento (GALBUSERA, 2013; GALBUSERA; DE BRITO; SILVA, 2015).

2.4.1.5 Exposição ao ambiente externo (Fator E)

O Fator E se refere a exposição ao ambiente externo e considera o desgaste do sistema diante à exposição ao meio ambiente. Convencionalmente, a fachada é o elemento de interface do edifício com o meio ambiente exterior, logo, esse é um fator determinante da degradação. O comportamento das fachadas depende da complexa interação entre os materiais e os muitos

fatores do ambiente que incluem características de construção, morfologia urbana, coordenadas geográficas, clima local, entre outros (YANG et al., 2015; ZHOU et al, 2017).

Naturalmente, os edifícios situados em locais distintos apresentam condições climáticas diferentes, a qual varia conforme o efeito combinado da ação do vento e da chuva, da radiação solar, da distância do mar e da exposição à poluição do ar (BAUER; CASTRO; SILVA, 2015; SOUSA; MEIRELES; SILVA, 2020). Essa diferenciação reflete de forma direta na variabilidade da degradação. Além disso, a caracterização dos agentes climáticos ainda pode ser realizada em função da escala de clima em macro, meso ou micro (HAAGENRUD, 2004).

2.4.1.6 Condições de uso (Fator F)

O Fator F se refere as condições de uso e compreende principalmente o tipo de construção e as condições de desgaste geral. Edifícios e estruturas utilizados intensamente, como prédios comerciais ou industriais, podem sofrer desgaste mais rápido devido ao tráfego de pessoas, equipamentos e carga pesada (HOVDE, 2004). A carga pesada pode ser aplicada às fachadas, o que pode causar tensões adicionais nos sistemas de revestimento. Isso pode levar à deformação ou à falha do revestimento cerâmico em diferentes intensidades e localizações.

O desempenho do sistema de revestimento também é reflexo das ações do usuário. A norma brasileira NBR 5674 (2012) sobre manutenção estabelece procedimentos de preservação das características originais do edifício e a prevenção da perda de desempenho decorrente do processo de degradação. A inserção de elementos não previstos no sistema de fachada deve ser realizada de forma criteriosa e com a supervisão de algum profissional da área. Muitas vezes são inseridos elementos, tais como ar-condicionado, telas ou grades de proteção, de forma a causar alteração ou adição dos esforços atuantes no sistema. Isso pode levar a tensões adicionais e aumentar a probabilidade de degradação. A falta de cuidado ao realizar a impermeabilização do sistema nos furos de instalação facilita o ingresso de água e propiciam ambientes para o surgimento de anomalias.

2.4.1.7 Frequência e níveis de manutenção (Fator G)

O Fator G se refere a frequência de manutenção e considera a existência e procedimentos de ações de manutenção. As ações de manutenção, quando executadas adequadamente, permitem

prolongamento do fim da vida útil, pois é possível tratar problemas menores antes que se tornem mais sérios. Isso ajuda a evitar que a degradação avance e reduz a probabilidade de danos significativos (MEIRA e PADARATZ, 2002). Além disso, quando os problemas são identificados precocemente, é mais fácil e econômico corrigi-los, ou seja, a manutenção preventiva é uma abordagem mais econômica a longo prazo.

Os procedimentos de limpeza da fachada devem ser realizados periodicamente para a remoção de eflorescências e manchas que favorecem o desenvolvimento de microrganismos. Quando as atividades de manutenção são realizadas de forma errônea, as anomalias tendem a reaparecer mais rapidamente e até mesmo com maior gravidade que anteriormente (GALBUSERA; DE BRITO; SILVA, 2014; FERREIRA et al., 2021a).

A frequência de manutenção pode variar dependendo do tipo de estrutura ou material, das condições ambientais e do uso. Estruturas expostas a condições ambientais adversas ou uso intensivo podem exigir manutenção mais frequente. A frequência de manutenção estará totalmente relacionada com a variabilidade da degradação, uma vez, que maior periodicidade e melhores níveis de manutenção atua positivamente sobre a degradação nas fachadas.

A Tabela 4 lista os fatores relacionados à degradação de fachadas revestidas com cerâmica pontuados e seu nível de influência sobre a variabilidade.

Tabela 4 – Nível de influência dos fatores sobre a variabilidade da degradação

Fatores	Nível de ação sobre a variabilidade da degradação
Qualidade dos materiais	Moderado
Nível de projeto	Alto
Nível de execução	Alto
Condições externas	Alto
Condições internas	Baixo
Ações de uso	Baixo
Frequência de manutenção	Moderado

Esta tabela indica o nível de ação relativo de cada fator na variabilidade da degradação das fachadas revestidas com cerâmica. Fatores de alto impacto têm uma influência significativa na variação, enquanto fatores de moderado impacto têm uma influência intermediária. É fundamental considerar todos esses fatores ao avaliar e gerenciar a degradação das fachadas revestidas com cerâmica. Os fatores que mais atuam sobre a variabilidade são as condições externas a qual está exposta e o nível de projeto e execução ligados a ela.

2.4.2 Condições de exposição

A exposição das fachadas de edifícios ao ambiente é um dos principais condicionantes na sua degradação ao longo do tempo. As condições de exposição referem-se ao conjunto de fatores ambientais aos quais estão sujeitas, incluindo intempéries climáticas, poluição atmosférica, radiação solar, variações de temperatura e umidade, entre outros. Essas condições podem ter um impacto significativo na integridade e aparência das fachadas, causando danos e desgaste gradual.

A relação entre as condições de exposição e a degradação das fachadas é complexa e multifacetada. Os diferentes elementos que a compõem, como revestimentos, pinturas, vidros e estruturas metálicas, respondem de maneira única às condições ambientais. As condições climáticas regionais também são determinantes para a variabilidade da degradação. Em áreas com climas extremos, como chuvas intensas, neve, ventos fortes ou altas temperaturas, os danos podem ser mais pronunciados e ocorrer mais rapidamente. Portanto, a escolha de materiais e técnicas de construção adequadas às condições locais é essencial para minimizar a degradação da fachada.

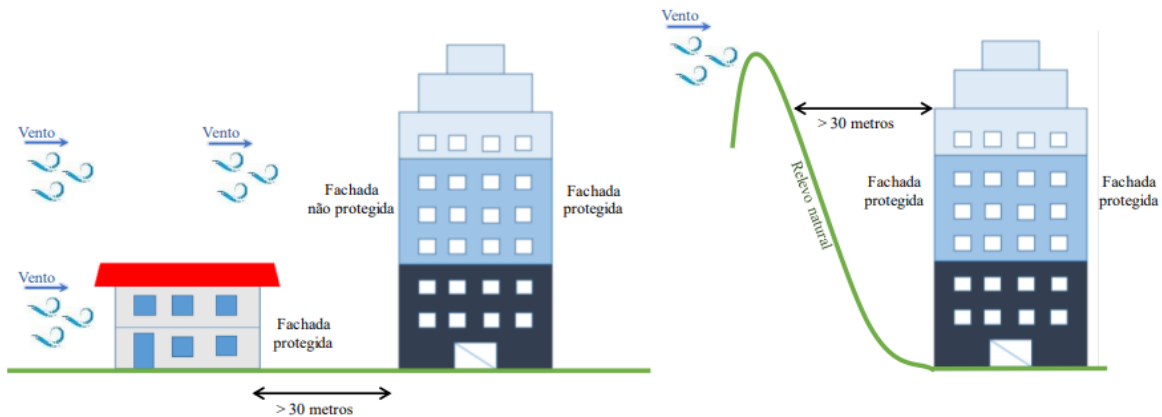
Com relação a condição de exposição da fachada, a análise é realizada em função das características particulares dos sistemas de vedação representado pelos aspectos de proteção (seção 2.4.2.1) e das características arquitetônicas (2.4.2.2). Essas particularidades contribuem para a variabilidade da degradação.

2.4.2.1 Graus de proteção

Os requisitos aqui utilizados para determinação do grau de proteção é uma adaptação dos critérios propostos pela norma francesa DTU 20.1 (2020). Essa norma enfatiza que a

importância do fator de exposição está associada a durabilidade da fachada, e apresenta que a gravidade é função da orientação e do relevo local. Desta forma, baseado nos conceitos da norma francesa (DTU 20.1, 2020), as fachadas são classificadas em protegidas ou não protegidas. A Figura 3 ilustra condições para a classificação do grau de proteção da fachada.

Figura 3 - Critério de classificação do grau de proteção (adaptado de DTU 20.1 de 2020) (Souza, 2019)



O conceito de fachada protegida e desprotegida não está relacionado à arquitetura e projeto do edifício. Para ser considerada protegida, a fachada deve atender simultaneamente as seguintes condições: apresentar paredes de até 28 m acima do nível do solo; fachadas opostas à direção de predominância anual dos ventos da chuva; fachadas protegidas por construções ou relevo natural localizado no máximo a 30 m de distância.

Conforme Zanoni (2015), a direção predominante do vento na cidade de Brasília é na orientação Norte, com valores máximos próximos de 10,4 m/s e com média anual de 2,45 m/s. A distância decrescente do obstáculo mais próximo mais alto até a fachada reduz a quantidade de chuva dirigida e incidência de radiação (COUTU et al., 2013), indicando que as protegidas tendem a degradar-se menos que as desprotegidas.

O estado de proteção ou desproteção de uma fachada pode causar variabilidade na degradação devido às diferentes condições ambientais e graus de exposições a que ela está sujeita. Fachadas desprotegidas estão mais expostas aos efeitos diretos das condições climáticas, como chuva, vento e radiação solar. Isso pode acelerar a degradação em comparação com as protegidas, que têm uma barreira adicional contra esses elementos. Fachadas desprotegidas podem absorver mais umidade, especialmente em climas chuvosos. A umidade excessiva pode causar danos ao revestimento cerâmico, levando a uma variabilidade maior na degradação (GALVÃO et al.,

2018; SOUZA et al., 2022). Essa variabilidade pode ser observada na taxa de degradação e na condição geral das fachadas ao longo do tempo.

Não estão relacionados com o conceito de fachadas protegidas, porém, elementos de proteção, como beirais, marquises, toldos e brises ajudam a reduzir a exposição direta aos agentes e podem melhorar o conforto térmico e a eficiência energética do edifício.

2.4.2.2 Características arquitetônicas

2.4.2.2.1 Detalhes arquitetônicos mitigadores da degradação

Existem vários detalhes arquitetônicos que podem ser incorporados ao projeto de fachadas de edifícios para mitigar os efeitos da degradação ao longo do tempo. Esses detalhes visam protegê-las contra os efeitos adversos do clima, principalmente relacionados com a concentração do fluxo de água, e outros fatores que podem causar danos. A presença ou não desses elementos são condicionantes para a variabilidade da degradação. Os detalhes arquitetônicos devem ser executados de forma criteriosa de modo a não se tornarem pontos frágeis nas fachadas e cumprirem sua função de elevar o desempenho do revestimento, devendo haver seus detalhamentos em projetos (HENRIQUE, 2017).

A incorporação de detalhes arquitetônicos no projeto de fachadas gera variabilidade da degradação, pois podem tanto proteger quanto expô-la a diferentes fatores de degradação, resultando em diferentes taxas de degradação (CASTRO et al., 2023). A Tabela 5 traz exemplos desses elementos arquitetônicos e suas funções com base na literatura.

Tabela 5 - Detalhes construtivos (VIEIRA, 2005; POYASTRO, 2011; HENRIQUE, 2017; CERQUEIRA, 2018)

Função dos detalhes construtivos	Exemplos
Proteção contra Infiltração de água	Utilização de sistemas de impermeabilização eficazes na superfície da fachada e nas juntas entre elementos de construção. Inclusão de beirais, marquises, calhas e caleiras para direcionar a água da chuva para longe das fachadas. Instalação de rufos, pingadeiras e peitoril em áreas críticas, como em torno de janelas e portas.

Função dos detalhes construtivos	Exemplos
Sistemas de Ventilação e Drenagem	Incorporação de detalhes que promovam a drenagem adequada, como a inclinação das superfícies e o uso de calhas.
Barreiras contra Poluição	Design de fachadas com ângulos e saliências que minimizem a deposição de poluentes
Proteção Solar	<p>Uso de elementos de sombreamento, como brises e persianas, para reduzir a exposição direta ao sol e, assim, minimizar o desbotamento de cores e o superaquecimento interno.</p> <p>Incorporação de vidros de controle solar para reduzir a transmissão de calor excessivo.</p>
Juntas e Vedação Adequadas	<p>Instalação de juntas de expansão para permitir movimentos térmicos e estruturais sem causar fissuras nas fachadas.</p> <p>Uso de selantes de qualidade para vedar juntas e evitar a entrada de umidade.</p>
Detalhes Estéticos e de Design	<p>Uso de materiais de revestimento que resistam ao desgaste e envelhecimento sem comprometer a estética do edifício.</p> <p>Projeto de detalhes arquitetônicos que desviem a água e protejam as áreas mais suscetíveis à degradação.</p> <p>Existência de fachada cega (sem aberturas).</p> <p>Formato da fachada (cantos retos ou arredondados).</p>

O sistema construtivo selecionado para o revestimento da envoltória é definido à luz de critérios que vão desde o custo que pode ser empregado nessa etapa da obra, valorização estética, durabilidade do sistema, segurança, custo de manutenção, além de tendências arquitetônicas

regionais. Nesse contexto, há características arquitetônicas relacionadas à geometria das fachadas que também podem estar relacionados com a variabilidade da degradação por serem fatores atenuantes ou agravantes das ações dos agentes ou de tensões aplicadas:

a) Balanços e Marquises:

Os balanços caracterizam-se estruturalmente como elementos engastados ao plano da fachada, podendo ser apoiados por vigas, ou não. Devido, ao esquema estrutural principal, geralmente nas suas direções transversais, as marquises apresentam pouca vinculação ao restante da estrutura. A perda da vinculação pode ser condição suficiente para sua instabilidade (MATOS, 2008).

Medeiros e Sabbatini (1999) apontam como causa de descolamentos cerâmicos regiões de deslocamento estrutural mais intenso (como os balanços) e nas fachadas mais solicitadas por insolação. Thomaz e Helene (2000) destacam que as flechas desenvolvidas nas extremidades dos balanços poderão afetar as paredes, onde deve ser prevista inserção de juntas de controle para execução das alvenarias. Silva (2014) ao analisar edifícios residenciais de Brasília considera que, as tipologias caracterizadas como balanços, apresentam esforços mecânicos que desencadeiam nas fachadas elevados estados de deformações e conseqüente surgimento de patologias como fissuras e descolamento cerâmico.

b) Volumetria:

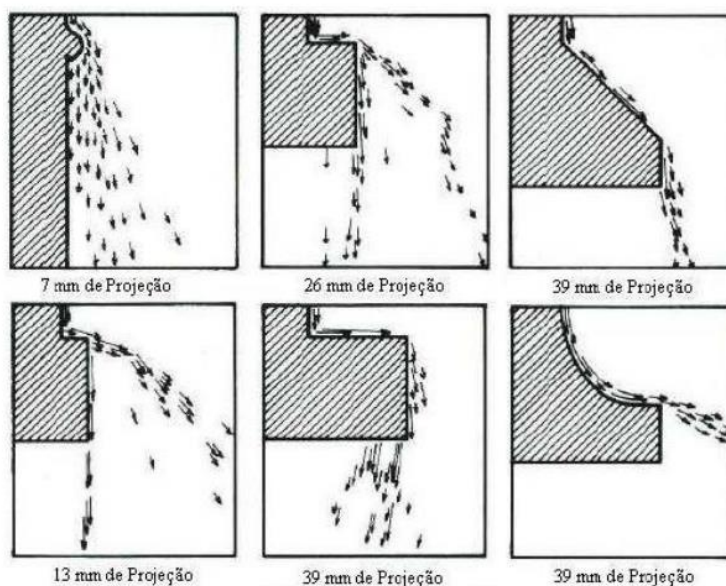
A volumetria da edificação é definida pela forma arquitetônica do edifício, sendo marcada pela presença de avanços e recuos (POYASTRO, 2011). Pode haver fachadas mais lisas ou angulosidade reta, ou seja, sem recortes proeminentes, como também se observa aquelas com presença de mais cantos e extremidades, avanços de grandes varandas com lajes em balanço. A volumetria constitui característica importante, que associada à descontinuidade dos panos de fachadas, favorece o comportamento patológico do edifício tal como foi estudado por (ANTUNES, 2010; SILVA, 2014; SOUZA, 2016).

c) Saliências ou projeções nas superfícies:

As saliências correspondem a projeções na fachada que têm a finalidade de dissipar o fluxo de água incidente evitando assim caminhos preferenciais e devem ser compostas de material com controle de absorção de água. Esse modelo construtivo favorece o descolamento da lâmina de água da superfície, cujo fluxo está relacionado ao surgimento de anomalias. A Figura 4

demonstra o deslocamento do fluxo de água que escorre na fachada pela execução de projeções ou saliências.

Figura 4 – Deslocamento do fluxo da água por meio de projeções ou saliências da fachada (Perez, 1988)



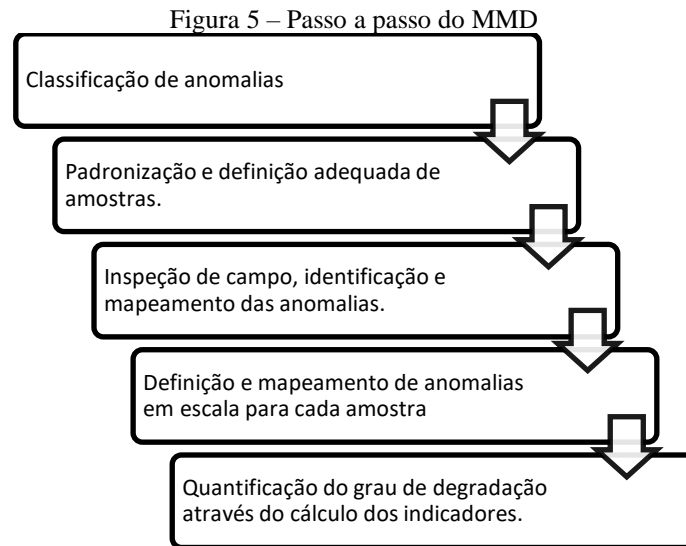
2.5 Quantificação da degradação

A quantificação da degradação de fachadas com revestimento cerâmico pode ser realizada por meio de técnicas de inspeção visual, análise de amostras em laboratório e ferramentas de medição e monitoramento. Ela é importante para avaliar o nível de risco e a necessidade de intervenção, bem como para definir as estratégias adequadas de manutenção e reparo, contribuindo para a preservação do patrimônio construído e para a segurança e conforto dos usuários (BRASIL; ZANONI, 2018). Para essa quantificação são utilizados os índices de degradação de fachadas, que são medidas quantitativas que permitem avaliar o grau de deterioração do sistema de revestimento e do substrato (PEDROSO et al., 2020; FERREIRA et al., 2021b).

2.5.1 Método de Mensuração da Degradação (MMD)

É possível mensurar o processo de degradação que ocorre nos sistemas de fachadas. A investigação é realizada por meio de um trabalho de inspeção em campo do sistema da fachada utilizando métodos não destrutivos e com auxílio de equipamentos tecnológicos, como: máquinas fotográficas com alta resolução, trenas a laser e câmeras termográficas que facilitam todo o processo de identificação dos danos presentes (SILVESTRE, 2005; BAUER; SOUZA; PIAZZAROLLO, 2020;).

O processo de degradação que ocorre nos sistemas de fachadas pode ser mensurado por alguns procedimentos como o Método de Mensuração da Degradação (MMD), desenvolvido pelo Projeto Degradação de Edifícios: Mensuração e Modelação (*DMM Project*). O MMD consiste em um conjunto de procedimentos de investigação e análise que permitem obter índices de quantificação de degradação. Neste método, as quantificações são baseadas no estudo de anomalias e regiões degradadas (BAUER; CASTRO; SILVA, 2015; BAUER; DE SOUZA; PIAZZAROLLO, 2020). São definidos alguns passos deste método (Figura 5):



As anomalias observadas são classificadas em quatro grupos principais (descolamento, fissuras, falhas em juntas e manchas). Esta definição é sustentada por extenso estudo de caracterização da fachada de anomalias desenvolvido Projeto “Degradação – Mensuração e Modelação (*DMM Project*)”. Para a inspeção de campo utiliza-se técnicas de captura e ortogonalização de imagens digitais, varredura a laser, termografia infravermelha e inspeção física, quando necessário. Os dados coletados podem incluir informações como a idade do revestimento, as condições de limpeza e manutenção, a presença de fissuras, descolamentos, mancha ou outros sinais de degradação (COSTA, 2014; SILVA, 2014; SANTOS et al., 2018; SOUZA et al., 2018b).

O método MMD, possui uma particularidade da amostragem que é a divisão da fachada em amostras, como na Figura 6. Numa outra perspectiva, vários métodos quantificam a degradação de toda a fachada (GALBUSERA; DE BRITO; SILVA, 2014; MAGOS et al., 2016). Já no MMD, o uso de amostras permite investigações mais específicas como: avaliar e definir zonas preferenciais de degradação (PIAZZAROLLO, 2019), observar a variabilidade da degradação ao longo da fachada (RODRIGUES NETO; BAUER, 2022b), comparar diferentes comportamentos de elementos arquitetônicos (fachada contínua, empenas, sacadas e escadas)

(BAUER; DE SOUZA; PIAZZAROLLO, 2020) e até mesmo quantificar a degradação nas diferentes posições.

Figura 6 - Exemplo da definição de amostras de fachada, sendo A1 a Amostra 1, A2 a Amostra 2, e assim, sucessivamente.



Há uma padronização de critérios de definição das amostras (Tabela 6), o que é interessante para comparar os resultados entre edifícios com projetos diferentes. Este procedimento de divisão possibilita a criação de amostras mais homogêneas para facilitar a avaliação da degradação (BAUER; SOUZA; PIAZZAROLLO, 2020).

Tabela 6 – Definição de configurações de amostra (adaptado Bauer et al., 2020)

Descrição dos critérios

1	Área máxima de 300m ²
2	Área mínima de 50m ²
3	A amostra deve estar no mesmo plano. Mudanças de plano constituem outra amostra.
4	Se houver juntas estruturais, o limite da amostra deve coincidir com elas.
5	A amostra deve ser inserida no mesmo elemento arquitetônico (fachada, empena, escada)
6	Não é permitido definir amostras em dois ou mais elementos.
7	Deve se fazer divisão onde a fachada é interrompida por reentrâncias ou por uma quebra no plano por avanços.
8	Elementos que se projetam para fora do plano das fachadas como sacadas devem ter os seus lados contabilizados em amostras.

Após definidas as amostras, as etapas seguintes são a inspeção, identificação e mapeamento de anomalias. No caso das imagens, é feita uma ortogonalização (Figura 7a) para poder elaborar esboços em escala adequada, com representação das áreas degradadas (Figura 7b).

Toda a quantificação é expressa em termos de área degradada da amostra. Isto é conseguido sobrepondo uma malha de $0,50\text{ m} \times 0,50\text{ m}$ (em escala) no mapeamento (Figura 7c). As unidades de área (malha) são então contabilizadas para cada anomalia encontrada. O objetivo desse método de contabilizar é simplificar a quantificação das áreas degradadas na amostra e áreas degradadas de cada região (Figura 7c). Dessa forma, é possível quantificar a degradação por meio de indicadores como o Fator Geral de Degradação (FGD) (SOUZA; BAUER, 2016; BAUER; SOUZA, 2022).

Figura 7 - Detalhes da definição da amostra: (a) obtenção da imagem digital e ortogonalização, (b) esboço de áreas degradadas e (c) representação da malha



2.5.2 Indicadores de degradação

Os indicadores são medidas estimadas da degradação com base em variáveis individuais ou coletivas a partir dos dados obtidos com as inspeções em campo. Os indicadores permitem gerar conhecimentos com potencial de orientar decisões relacionadas ao processo de degradação. Alguns indicadores são definidos na análise quantitativa do MMD. O primeiro, Fator de Danos (FD), é calculado diretamente após a quantificação.

O Fator de Danos é um indicador de degradação capaz de mensurar de forma mais simples a degradação das fachadas. Este utiliza como parâmetros a área degradada em função da área

total da amostra, Equação 2. Dessa forma, quanto maior o valor do FD, pode-se inferir maior extensão de deterioração da amostra analisada.

$$FD = \frac{\sum AD_n}{A} \quad (2)$$

Onde:

FD: Fator de Danos;

AD_n: área degradada da amostra (m²) para cada anomalia (descolamento cerâmico, fissuras, falha nas juntas e manchas);

A: área total da amostra (m²).

A partir desta análise, é possível caracterizar a distribuição dos principais danos existentes na fachada, as zonas e orientações mais degradadas, além dos elementos mais propícios a degradação (SOUZA, 2019). O FD pode ser aplicado para estudar a incidência de cada grupo de anomalias a partir da área deteriorada por cada uma. Da mesma forma que realizado para as zonas e orientações, pode-se proceder ao estudo do impacto em cada elemento da arquitetura (por exemplo: fachada, empena, escada), além da incidência em cada altura e cada posição da fachada.

Embora o FD forneça uma estimativa de degradação básica, este indicador não leva em consideração o grau de importância e influência de cada tipo de dano. Dessa forma, o FGD é um indicador mais indicado para representar a realidade da degradação (SOUZA, 2019), uma vez que no cálculo, utiliza-se ponderações sobre a área.

O FGD é indicador global de avaliação da degradação aplicado à realidade das condições de construção, exposição e uso de edifícios. É um modelo baseado nos estudos de (GASPAR; BRITO, 2008; BORDALO et al., 2011) e proposto por (SILVA, 2014; SOUZA, 2019; BAUER; DE SOUZA; PIAZZAROLLO, 2020) no Brasil. Consiste em calcular a degradação ponderada relacionada aos tipos de anomalias observadas no processo de inspeção. A partir do FGD, a evolução dos processos de degradação das fachadas em função do tempo pode ser verificada.

O FGD é uma medida que quantifica o grau de deterioração do sistema de revestimento cerâmico e do substrato da fachada como um todo. Ele pode ser determinado por meio de uma avaliação visual, que permite identificar as anomalias presentes em diferentes áreas da fachada. Cada anomalia pode ser classificada de acordo com sua gravidade e sua extensão, sendo atribuída uma nota a cada anomalia em função de sua importância e do risco que representa

para a fachada. A soma das notas de todas as anomalias identificadas resulta no fator geral de degradação (BAUER; SOUZA, 2022).

O FGD é obtido por meio da razão entre a área degradada ponderada por pesos referentes aos diferentes tipos de anomalias, e a área de referência (Equação 3) (BAUER; DE SOUZA; PIAZZAROLLO, 2020).

$$FGD = \frac{\sum_1^n (A_{an(n)} \times G_n \times RI_{(n)})}{A \times \sum G_{max}} \quad (3)$$

Onde:

n: grupo de anomalia (n=1 Descolamento, n=2 Fissuras, n=3 Juntas, n=4 Manchas);

A_{an(n)}: área danificada por uma anomalia do grupo n (m²);

G_n: fator de gravidade da anomalia (Tabelas 7 e 8);

RI: fator de ponderação da importância relativa de cada anomalia (Tabela 9);

A: área total da amostra da fachada (m²);

G_{max}: soma dos fatores de severidade máxima alcançados pelas anomalias equivalente ao valor de 14.

Tabela 7 - Fator (G) em função das condições de degradação (BAUER et al. 2020).

Gn	Descrição
1	Boas condições de serviço em que possíveis anomalias não prejudicam a funcionalidade e durabilidade do sistema. Não há risco para a segurança dos usuários e a manutenção preventiva é sugerida.
2	Presença de anomalias localizadas que prejudicam a funcionalidade, mas não prejudicam a durabilidade e a segurança dos usuários. A manutenção preditiva é sugerida e uma manutenção periódica para avaliar o desempenho do sistema.
3	Presença generalizada e simultânea de anomalias que prejudicam a funcionalidade, durabilidade e segurança do sistema. Procedimentos de manutenção corretiva são sugeridos.
4	Incidência generalizada de anomalias que prejudicam a funcionalidade, segurança e durabilidade, apresentando risco de colapso ou ruína do sistema. Nesta condição, a reabilitação ou restauração do sistema é necessária.

Para a determinação do fator (Gn), são utilizados parâmetros da condição de degradação em quatro níveis (Tabela 7) para cada tipo de anomalia em função de critérios do $FD_{anomalia(n)}$ (Tabela 8). Já o coeficiente de importância relativa é mostrado na Tabela 9.

Tabela 8 – Fator de gravidade da anomalia (BAUER; SOUZA, 2022).

Gn	FD _{anomalia(n)} (%)			
	Descolamento (DC)	Fissuras (FI)	Falha em juntas (JU)	Manchas (M)
1	---	---	$FD(J) < 10$	$FD(M) < 10$
2	$0 < FD(DC) < 5$	$0 < FD(FI) < 20$	$10 \leq FD(J) < 30$	$0 \leq FD(M) < 30$
3	$5 \leq FD(DC) < 30$	$20 \leq FD(FI) < 50$	$30 \leq FD(J)$	$30 \leq FD(M)$
4	$30 \leq FD(DC)$	$50 \leq FD(FI)$	---	---

Tabela 9 - Fator de ponderação da importância relativa de cada anomalia (BAUER; SOUZA, 2022).

	Descolamento (DC)	Fissuras (FI)	Falha em juntas (JU)	Manchas (M)
RI	1.00	0.77	0.28	0.11

Pesquisadores discutem a associação do FGD com modelos de vida útil (SILVA, 2014; SOUZA, 2019; SOUZA; BAUER, 2020). A partir dessa análise, se estabeleceu 0,05 como um valor característico de degradação considerado como limite de transição entre o aceitável e o não aceitável, chamado de limite de vida útil (SOUZA, 2019). O valor de referência foi obtido a partir da realidade encontrada em inúmeras inspeções de campo relacionada com os resultados obtidos para FGD.

A vida útil de revestimentos cerâmicos externos pode ser estimada a partir da avaliação da evolução da degradação (SILVESTRE E DE BRITO, 2010; SOUZA et al., 2018a). O estado limite de degradação é sempre referido ao valor aproximado, devido à complexidade do fenômeno e a variabilidade das inúmeras variáveis desse fenômeno.

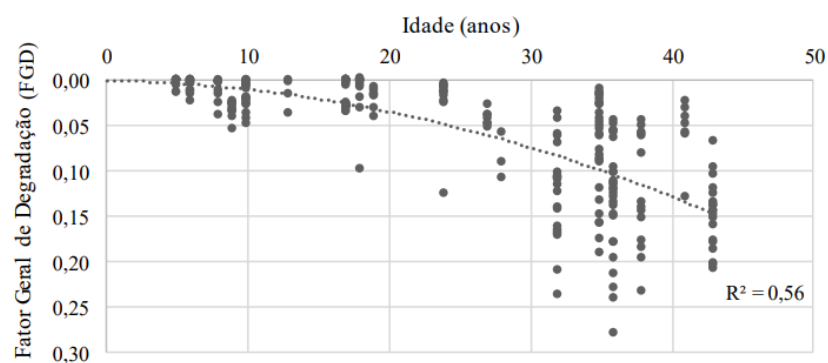
2.6 Variabilidade da evolução da degradação

A condição de degradação pode ser avaliada por indicadores de degradação que representam a alteração de alguma característica de desempenho de um componente do edifício, isto é, perdas

das características que são críticas para o desempenho (DIAS; FLORES-COLEN; SILVA, 2021).

As informações coletadas por meio do trabalho de campo permitem o cálculo da evolução da degradação da fachada, possibilita realizar a estimativa de vida útil, dando origem aos modelos e às curvas de degradação. Uma vez que o fator de degradação mais importante é a idade (GALBUSERA; DE BRITO; SILVA, 2014; SOUZA et al., 2018b), o comportamento ao longo do tempo de edifícios localizados no Distrito Federal é ilustrado graficamente pela curva de degradação (Figura 8).

Figura 8 - Comportamento da degradação ao longo do tempo de edifícios localizados no DF (Souza, 2019)



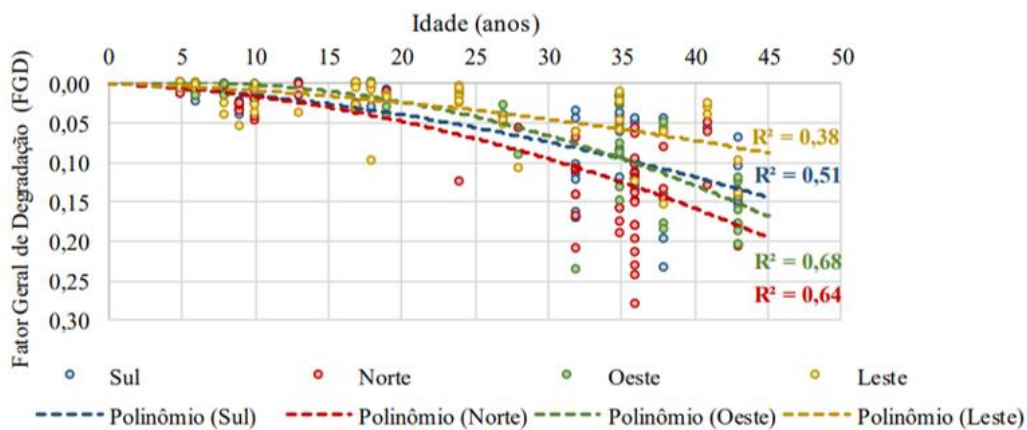
A Figura 8 ilustra os valores correspondentes ao nível de degradação dos revestimentos cerâmicos inspecionados, distribuídos de acordo com a idade de cada revestimento. O comportamento do indicador de degradação observado na curva é representado pelo polinômio de segundo grau. O crescimento da degradação inicialmente é lento até o limite de vida útil e aumenta ao longo do tempo. Nesse gráfico, o limite de vida útil é atingido por volta dos 22 anos.

A Figura 9 ilustra comportamento da degradação ao longo do tempo em função da orientação da fachada. As orientadas para o Norte tendem a degradar-se mais facilmente que as fachadas nas demais orientações, apresentando fim de vida útil com 20 anos. As orientadas para o Leste tem menor susceptibilidade a degradação que as fachadas nas demais orientações, alcançando o FGD igual 0,05 aos 30 anos.

As fachadas, para todas as orientações, inicialmente tendem a degradar-se de forma semelhante, mas ao longo do tempo vão se diferenciando. As tendências encontradas convergem com alguns estudos que afirmam que as orientações Norte e Oeste tendem a degradar-se mais rapidamente que as orientações Leste e Sul (BAUER et al., 2011; FRANCINETE et al., 2015;

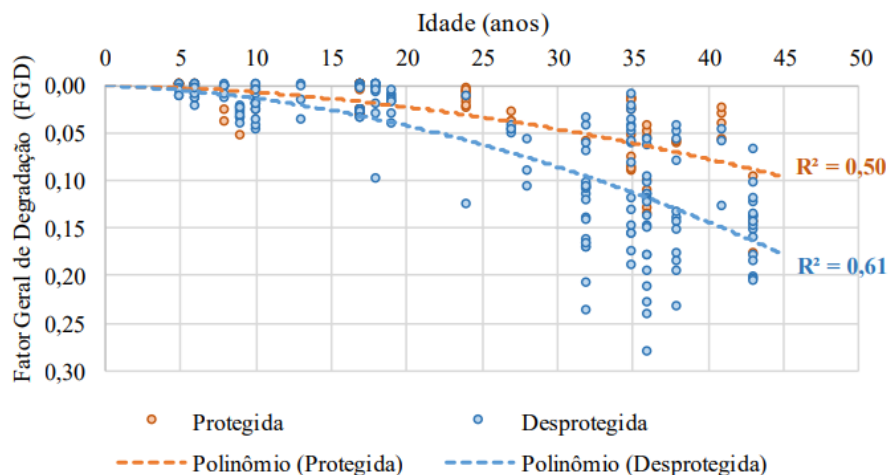
NASCIMENTO et al., 2016). Cabe ressaltar que a análise da orientação contempla diversos fatores em conjuntos, tais como chuva dirigida e radiação solar.

Figura 9 - Comportamento da degradação ao longo do tempo de edifícios em função da orientação cardinal (Souza, 2019)



A figura 10 ilustra a curva de tendência das fachadas protegidas e não protegidas. Assim como o esperado, as mais protegidas tendem a degradar-se mais lentamente que as não protegidas. O limite de vida útil é atingido aos 30 anos para fachadas protegidas, e para desprotegidas ocorre por volta dos 21 anos.

Figura 10 - Comportamento da degradação ao longo do tempo de edifícios em função do grau de proteção da fachada (Souza, 2019)



Tem-se inúmeros modelos conforme as condições analisadas, refletindo na variabilidade da degradação. Souza (2019) apresenta modelos em função da idade, orientação cardinal e graus de proteção. Andrade (2022) utiliza dados de saída da simulação higrotérmica para realizar a modelação linear e modelação quadrática da degradação com base na quantificação da ação dos agentes, apresentando aqueles que são os mais significativos.

3 METODOLOGIA

A pesquisa faz uma investigação das tendências e comportamento da degradação no decorrer da fachada, por meio da análise da variabilidade, a partir de um conjunto de edifícios estudados sob condições em serviço, aplicando o Método de Mensuração da Degradação (MMD). A degradação medida nestas condições permite conclusões relevantes e direcionadas a respeito desse processo, bem como, o entendimento e a proposição de hipóteses que justifiquem a sua dispersão. A base de dados utilizada neste estudo foi desenvolvida pelo *DMM Project*, contendo dados de 345 amostras, de diferentes idades, características e graus de exposição a agentes, bem como diferentes orientações cardeais.

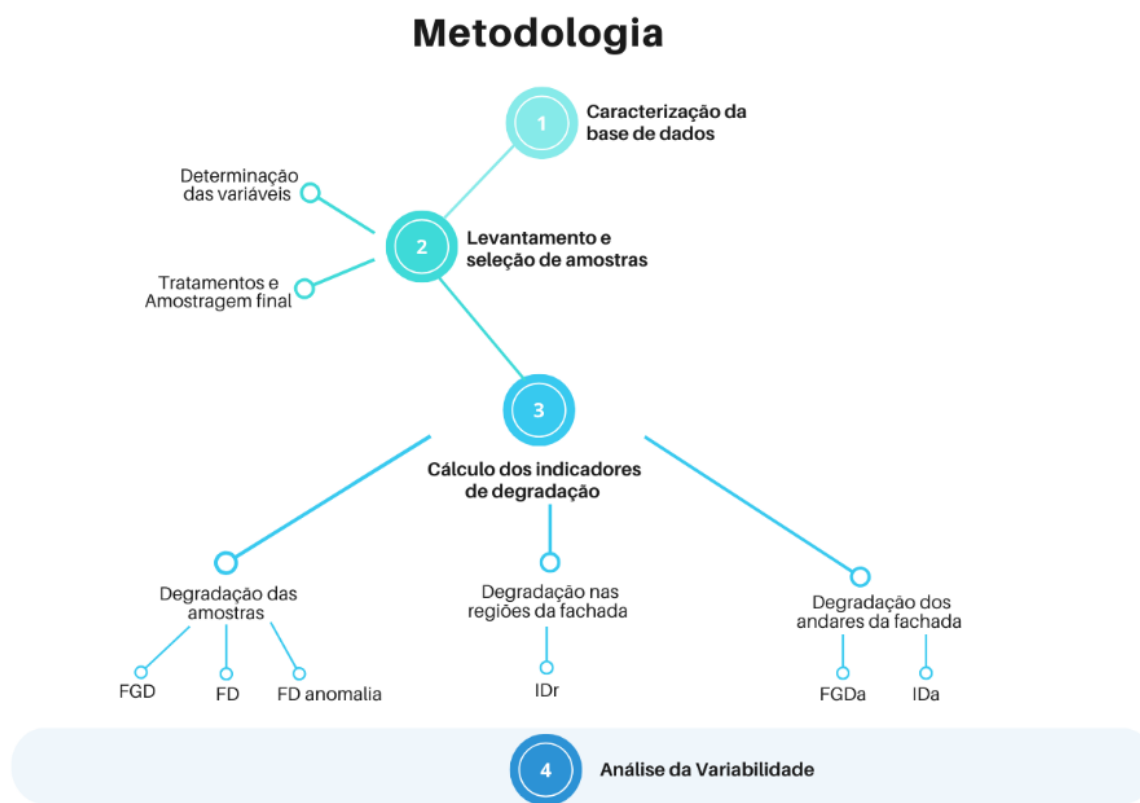
A variabilidade na degradação das fachadas de edifícios é uma questão relevante no contexto da manutenção e preservação dessas estruturas. Sabe-se que diversos fatores podem contribuir para essa variabilidade, incluindo a idade do edifício, a exposição às condições climáticas, frequência de manutenção e a qualidade dos materiais e da construção. O escopo deste estudo é caracterizar e quantificar a variação, considerando esses condicionantes e agregando mais dois: altura e posição das amostras nas fachadas.

Os principais objetivos são quantificá-la, garantindo que os resultados não sejam direcionados por fatores específicos, como a idade do edifício e sua orientação cardinal. Além disso, busca-se compreender como a degradação varia em relação à altura e à posição das amostras nas fachadas. Há investigações que estudam a degradação nas zonas como os trabalhos de Piazzarollo (2019) e Castro et al. (2023). O presente estudo busca inserir a investigação nas duas direções da fachada (vertical e horizontal).

Neste capítulo são apresentados os procedimentos adotados para o desenvolvimento da dissertação, estruturado conforme os objetivos da pesquisa. A metodologia foi dividida em quatro fases: a primeira na caracterização da base de dados, a fase 2 compreende na seleção de amostras e devidos tratamentos, a terceira é referente aos cálculos dos indicadores de degradação e a quarta consiste nas análises de variabilidade da degradação.

O organograma apresentado na Figura 11 destaca cada fase da metodologia, às quais serão detalhadas nos itens seguintes. O método engloba desde a seleção das amostras da base de dados constituída por informações captadas em inspeções de edifícios em serviço, até a utilização de ferramentas estatísticas para análise da variabilidade.

Figura 11 - Organograma da metodologia



Na etapa I, faz-se a caracterização da base de dados, informando as principais características dos seus edifícios constituintes. É realizada uma análise descritiva dos dados coletados para identificar padrões iniciais e tendências na variabilidade da degradação. Na II, a partir da base de dados do DMM *Project*, seleciona-se as edificações com base em alguns critérios, como número de andares, e faz-se o tratamento dos dados para compor a amostra de estudo. Essa inclui a obtenção de amostras de diferentes edifícios, que variam em idade, exposição, manutenção, materiais e níveis de execução. Na III inicia-se os cálculos dos indicadores de degradação como FD, FGD e FGDa, que permitem a quantificação da degradação das amostras, bem como nos andares e regiões das fachadas e dos indicadores normalizados IDa e IDr para análise da variação. A etapa IV abrange o estudo da variabilidade da degradação utilizando ferramentas estatísticas como Análise da Variância, teste t-student e medidas de dispersão. A análise dos dados é realizada em relação aos andares e à localização horizontal (região) das amostras nas fachadas (região central ou extremidades).

Para garantir que os resultados não sejam direcionados por fatores específicos, serão adotadas as seguintes estratégias:

- a) Agrupamento de Dados: Os dados serão agrupados de acordo com os fatores identificados (grupo de idades) para análises separadas e comparações;
- b) Utilização de indicadores normalizados para ser possível a comparação entre amostras de diferentes idades e diferentes níveis de degradação. Para a análise das regiões, a normalização é realizada em relação ao nível de degradação médio da fachada na qual a amostra está inserida; para os andares, faz-se em relação ao nível de degradação da própria amostra.

3.1 Levantamento e caracterização das amostras da base de dados

Os edifícios selecionados da base de dados estão situados na cidade de Brasília, no Distrito Federal, unidade federativa do Brasil, na região Centro Oeste, no centro do país. A cidade de Brasília é reconhecida pela qualidade de sua arquitetura e urbanismo, especialmente por serem considerados “Patrimônio Nacional” e “Patrimônio Cultural da Humanidade” pela UNESCO. Os edifícios residenciais são implantados isoladamente uns dos outros e são limitados a altura máxima de seis pavimentos. Há uma semelhança entre os edifícios de Brasília, uma vez que esta foi uma cidade devidamente planejada e apresenta particularidades em sua arquitetura (FRANÇA; HOLANDA, 2009; BEZERRA; MADSEN; DE MELLO, 2017).

Brasília tem clima tropical com inverno seco e verão quente e chuvoso. A arquitetura dos edifícios residenciais de Brasília é marcada por horizontalidade, presença de pilotis e de empenas laterais cegas. Geralmente, os edifícios possuem seis pavimentos e mais uma região chamada de topo nas fachadas. O sistema de vedação vertical comumente empregado no Distrito Federal é composto por alvenaria de blocos cerâmicos com revestimento em cerâmicas aderidas (AMORIM et al., 2007). Embora seja uma cidade considerada jovem, Brasília já apresenta evolução da degradação em seus edifícios, ao longo de seus 63 anos (MOURA et al., 2014).

A padronização de características arquitetônicas e tecnologia construtiva permite a comparação de edifícios de mesmas idades e com graus de exposição aos agentes de degradação semelhantes. É importante ressaltar que os dados são condicionados por essa tipicidade dos edifícios utilizados, bem como às características do clima local, processo construtivo regional e normas técnicas vigentes no país, e comparações entre resultados de base de dados diferentes devem ser avaliadas com muito cuidado. Com as informações sistematizadas do banco de dados

é possível proceder a análise do comportamento da degradação de edifícios situados no Distrito Federal.

A caracterização da amostra pode auxiliar na avaliação dos diversos aspectos que influenciam na degradação de revestimento cerâmico. Desta forma, o objetivo dessa etapa é tipificar os edifícios analisados e estabelecer as variáveis dependentes e independentes.

3.1.1 Organização dos dados e seleção das variáveis

Esta etapa compreende o estabelecimento de critérios para a definição da amostra, a seleção dos edifícios e a determinação das variáveis de estudo. O conjunto de dados utilizado nesta pesquisa faz parte de uma base de dados coletada e sistematizada a partir de inspeções de edifícios em serviço e posterior de catalogação de informações, tornando viável a quantificação da extensão dos danos em fachadas em função de diferentes fatores, como a altura do edifício (número de pavimentos), idade, tipos de elemento construtivo, orientação, cor e dimensão da pastilha cerâmica, zonas e posição da amostra da fachada, conforme mostra a Tabela 10.

Tabela 10 - Exemplo da planilha de sistematização dos dados obtidos via MMD

Amostra	ID do edifício	Idade	Nº de andares	Orientação	Elemento construtivo	Região da amostra na fachada
A30.1	30	38	6	Leste	Fachada	Extremidade
A30.2	30	38	6	Norte	Empena	Central
A30.3	30	38	6	Oeste	Caixa de escada	Central
A30.4	30	38	6	Oeste	Fachada	Central
A30.5	30	38	6	Oeste	Fachada	Extremidade
A31.1	31	43	6	Sul	Caixa de escada	Central
A32.1	32	41	6	Norte	Fachada	Extremidade
A32.2	32	41	6	Norte	Caixa de escada	Central
A32.3	32	41	6	Sul	Fachada	Central
A36.1	36	24	6	Leste	Fachada	Extremidade
A36.2	36	24	6	Leste	Caixa de escada	Central

Com o objetivo de avaliar a variabilidade da degradação nas diferentes posições da fachada,

bem como a extensão da degradação nos andares e regiões de estudo com base em diferentes critérios, é estabelecida uma condição principal de análise:

- Por idade, com o intuito de analisar como a degradação evolui com o tempo;

Com relação à quantificação da degradação das fachadas, são estabelecidos os seguintes indicadores:

- Fator de Danos (FD), para análise da extensão e distribuição de área degradada;
- Fator de Danos de cada anomalia (FD_{anomalia}), para análise da extensão de cada anomalia nas amostras;
- Fator Geral de Degradação (FGD), para a representação da degradação global das amostras de fachada; essencialmente empregado para o tratamento dos dados. O FGD ainda é a base para cálculos dos índices de degradação para os andares e regiões da fachada;
- Fator Geral de Degradação dos andares (FGDa) para mensuração da degradação nos andares da fachada.

Com relação à análise da variabilidade da degradação nas fachadas, são estabelecidos os seguintes indicadores normalizados, utilizados para padronização da análise e que não representam a quantificação da degradação:

- Índice de degradação da região (IDr), para análises da variabilidade entre as amostras localizadas na região central ou na região extremidade;
- Índice de degradação do andar (IDa), para análises da variabilidade entre os andares da fachada.

Desta forma, são estabelecidas as variáveis de trabalho apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Variáveis do estudo

Variáveis independentes	Andar	1°
		2°
		3°
		4°
		5°
		6°
		Topo
	Região da amostra	Central
		Extremidade

Variáveis independentes de controle	Grupo de idades	(1) 0 a 20 anos
		(2) 21 a 36 anos
		(3) Acima de 36 anos
	Orientação cardinal	Norte
		Sul
		Leste
		Oeste
Variáveis dependentes	FD	
	FGD	
	FGDa	
	IDa	
	IDr	

As variáveis dependentes correspondem ao nível de degradação e nos seus resultados são aplicadas ferramentas estatísticas para análise da variabilidade em relação as variáveis independentes citadas nessa etapa e intermediadas pelas de controle, como a idade. A análise da variabilidade da degradação é proposta para as posições em relação à altura da fachada, identificadas pelos andares e em relação às regiões da fachada. A partir do processo investigativo nos edifícios selecionados, conclusões a respeito de um padrão de comportamento da degradação de fachadas com revestimento cerâmico são requeridas.

3.2 Tratamento dos dados e amostragem

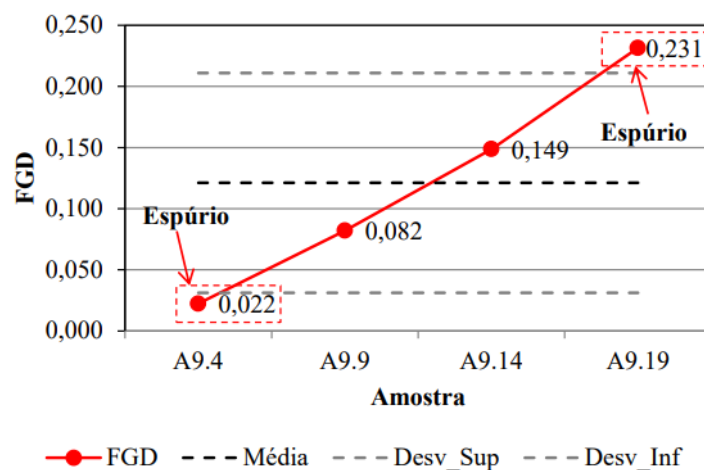
Os critérios para a escolha das edificações a serem estudadas nesta pesquisa são a tipologia construtiva, o tipo de material de revestimento e a quantidade de andares. A uniformização da amostra é essencial para a redução do efeito de variáveis intrínsecas aos edifícios e permite o estabelecimento de padrões de comportamento comparáveis (SILVA, 2014). Desta forma, torna-se possível avaliar a influência das variáveis independentes no processo de degradação e, principalmente, observar o comportamento e variabilidade da degradação nas diferentes regiões componentes da fachada.

O Método de Mensuração de Degradação (MMD) estabelece que as fachadas de um mesmo edifício devem ser divididas em amostras. Desta forma, a intensidade da degradação em cada uma delas pode variar, em maior ou menor grau, dependendo das condições do edifício. Para determinar quais amostras de fachadas serão estudadas nesta pesquisa, é feita uma avaliação do comportamento da degradação dos edifícios pertencentes ao conjunto de dados. O intuito desta

avaliação é identificar as amostras espúrias que não sejam representativas para o fenômeno estudado e que podem interferir negativamente na modelação da degradação em estudos futuros. Para este fim, o valor do Fator Geral de Degradação (FGD), dado de deterioração global das amostras de fachada, é empregado como referência para a comparação do grau de degradação das amostras.

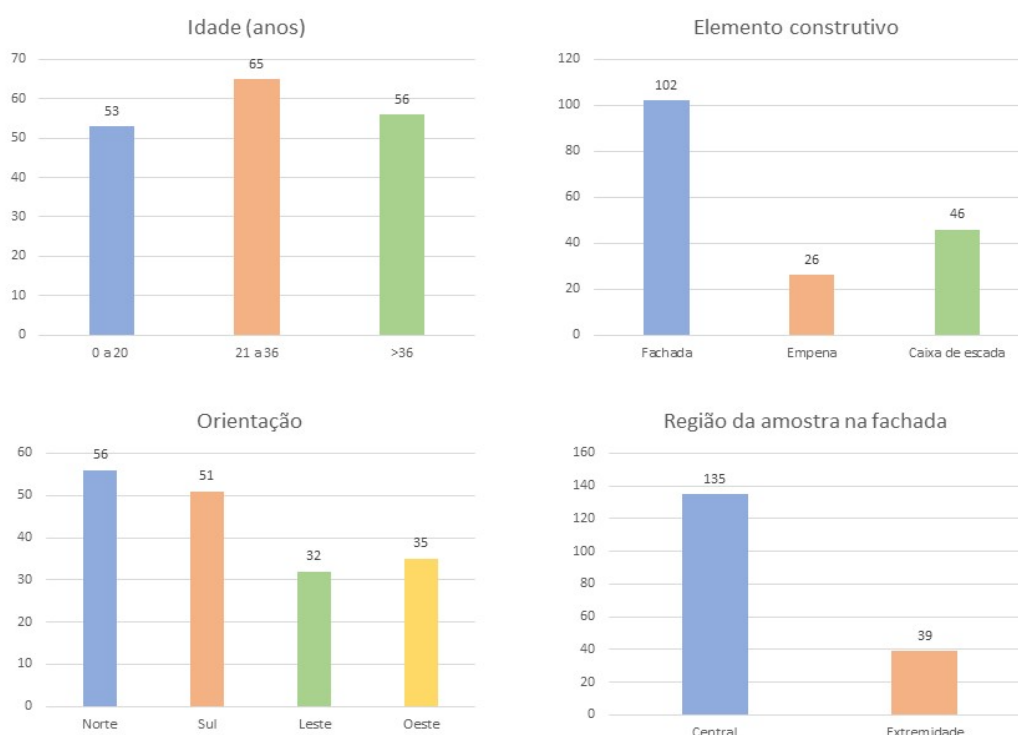
Inicialmente, as amostras de um mesmo edifício são separadas por orientação e tipo de elemento construtivo. São calculados desvio padrão e média dos valores de FGD e elaborados gráficos como o da Figura 12. O critério adotado para a exclusão de amostras leva em consideração valores que são superiores ou inferiores a um desvio padrão em relação à média de FGD. Na Figura 12 são assinaladas em vermelho as amostras espúrias. A retirada dos espúrios segue o método utilizado em pesquisas de modelação, onde são excluídos valores que não convergem para a análise em questão (PIAZZAROLLO, 2019; SOUZA, 2019; ANDRADE, 2022).

Figura 12 - Procedimento de eliminação de espúrios (PIAZZAROLLO, 2019)



O procedimento descrito é replicado para cada um dos edifícios e, somente após a eliminação dos espúrios, é estabelecido o conjunto de amostras que compõem o conjunto de dados desta pesquisa. A amostragem final utilizada na presente dissertação contempla, portanto, 174 amostras de fachadas, compreendendo um total de 28.113 m² de área de fachada. Na Figura 13 são apresentadas as distribuições dos números de amostras de acordo com as variáveis independentes desta pesquisa.

Figura 13 - Distribuição das amostras conforme variáveis de estudo



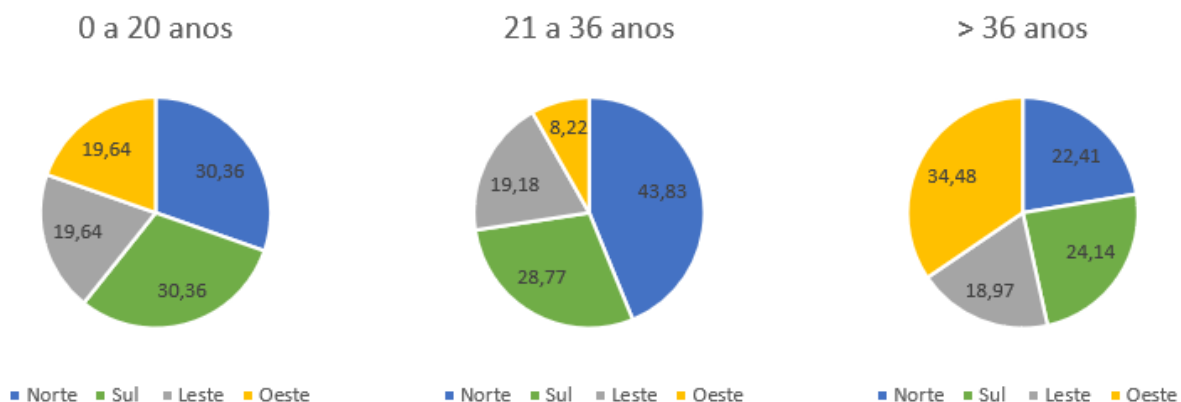
Conforme mostra a Figura 13, a distribuição das amostras entre os grupos de idades é quase homogênea. Considerando o tipo de elemento construtivo, a maior parte das amostras é do tipo fachada (102), o que tem relação, principalmente, com a horizontalidade dos edifícios de Brasília, mesma justificativa para a expressividade do número de amostras na região central das fachadas. O número de amostras é similar para as orientações Norte e Sul, e menor em Leste e Oeste.

As variáveis independentes apresentam diferentes padrões de distribuição do número de amostras. Esta resposta é resultado direto das condições dos edifícios estudados e dos critérios estabelecidos para escolha da amostra. As variáveis orientação e tipo de elemento construtivo não são passíveis de controle, uma vez que variam para cada amostra de fachada, entretanto, o estudo pondera essa questão por meio do estabelecimento dos grupos de idade, capazes de unificar edifícios que apresentam idades próximas e possam ter similaridade em relação aos níveis de degradação.

A Figura 14 apresenta a distribuição das amostras por orientação em relação a cada grupo de idade. Observa-se que os edifícios mais novos apresentam mais amostras para as orientações Norte e Sul. Para as idades médias (21 a 36 anos), quase metade das amostras estão voltadas para a orientação Norte e são poucas para orientação Oeste. Edifícios mais velhos apresentam

mais amostras para orientação Oeste e o restante homogeneamente distribuídas para as outras orientações.

Figura 14 - Distribuição de acordo com grupo de idade e orientação



A pesquisa abrange uma série de associações entre as variáveis. Esta fase compreende uma apresentação da relação das variáveis dependentes e independentes. Estas relações são importantes para o entendimento do comportamento da degradação das fachadas de edifícios, bem como da sua variabilidade.

Os resultados desta etapa são tabelas e gráficos que permitem identificar como os danos se distribuem, nos andares e nas regiões da fachada. Estes valores possibilitam compreender em função de quais fatores os níveis de degradação dos andares e das regiões da fachada de cada edifício variam. A Tabela 12 mostra como as variáveis dependentes e independentes são associadas e como serão apresentados os resultados.

Tabela 12 - Associações entre as variáveis dependentes e independentes

Variável dependente	Variável independente	Variável independente de controle
FD	Por amostra	Geral (todas amostras)
FDanomalia		
FGD	Por amostra	Geral (todas amostras) Grupo de idade
IDr	Por região da fachada	Geral (todas amostras)
		Grupo de idade
FGDa	Por andar	Geral (todas amostras)
IDa		Grupo de idade

3.3 Cálculo dos indicadores de degradação

3.3.1 Degradação da fachada em função da região

As fachadas são analisadas e divididas em várias amostras. A subdivisão em amostras da região central e amostras da região extremidade é retratada na Figura 15. As amostras da região extremidade estão assinaladas de cor amarela e são aquelas que estão localizadas nos extremos mais à direita e/ou mais à esquerda da fachada. As amostras da região central estão assinaladas de cor azul e são todas as outras, ou seja, todas aquelas que estão entre as de extremidade.

Figura 15 - Divisão da fachada em amostras e subdividida em andares e regiões



Como a degradação varia em função de diversos fatores, é necessário obter um índice capaz de ser usado na análise de variabilidade, que seja independentemente do nível de degradação de cada fachada do edifício. Para a análise da deterioração nas amostras das regiões, central e extremidade, se utiliza o indicador Índice de Degradação da região (IDr), obtido pela razão entre o FGD da amostra e o FGD médio entre as amostras da fachada em estudo, conforme Equação 4.

$$IDr = \frac{FGD}{FGD_{m\u00e9dio}} \quad (4)$$

Onde:

IDr: Índice de Degradação da região;

FGD: Fator Geral de Degradação da amostra inserida em uma fachada; e
FGDmédio: valor médio de FGD entre as amostras da fachada em estudo.

Por meio da razão realizada, obtém-se um índice da mesma ordem de grandeza, tanto para amostras com maiores FGD, como para FGD menores. Essa normalização permite comparar a degradação de forma equivalente para as diferentes condições de exposição, orientação cardeal e idade. O índice IDr não mede a degradação, é um índice de padronização que possibilita a comparação de amostras de diferentes níveis de degradação. Exemplo: Com esse índice é possível fazer comparações entre uma amostra com FGD mais elevado, como de 0,215, e uma de FGD mais baixo, como 0,044. A Tabela 13 traz alguns exemplos de resultados para IDr.

Tabela 13 - Exemplos de resultados para IDr

Amostra	Orientação cardeal	Região	FGD	FGDmédio	IDr
A6.1	Sul	Extremidade	0,1061	0,0888	1,1949
A6.2	Sul	Central	0,0443	0,0888	0,4990
A6.3	Sul	Central	0,1160	0,0888	1,3061

3.3.2 Degradação nos andares

Devido a sistematização dos dados, as informações fornecidas pelo MMD permitem avaliar a distribuição da degradação nas diferentes posições da fachada. Para tanto, além da divisão das fachadas em amostras, faz-se necessário uma subdivisão da amostra em andares, como retratado na Figura 15 acima. Nesta etapa, a degradação da fachada é analisada nas diferentes alturas em que surgem e são desenvolvidas as anomalias. A altura é subdividida por andar, sendo 6 andares e mais o topo, e a avaliação é realizada por meio do indicador Fator Geral de Degradação do Andar (FGDa).

O FGDa é uma aplicação da Equação 3 (seção 2.5.2), restrita a cada andar da amostra. Este indicador quantifica a degradação por andar, levando em consideração a influência e a importância de cada tipo de anomalia presente no fenômeno de degradação. Valores mais altos de FGD identificam maior degradação por diferentes anomalias na amostra da fachada analisada. Maior FGDa também indica maior deterioração no andar da amostra. A Tabela 14 apresenta alguns exemplos de resultados de FGDa e como são distribuídos de acordo com o andar.

Tabela 14 - Exemplos de resultados para FGDa

Amostra	FGD	FGDa(1)	FGDa(2)	FGDa(3)	FGDa(4)	FGDa(5)	FGDa(6)	FGDa(topo)
A5.10	0,0120	0,0177	0,0059	0,0063	0,0049	0,0059	0,0062	0,0476
A6.4	0,1689	0,1818	0,1484	0,1358	0,1714	0,1515	0,1455	0,3307
A28.11	0,1488	0,1242	0,1166	0,0657	0,1676	0,1749	0,1510	0,2232

A degradação é diferenciada tanto em função da orientação cardinal como também em função da idade do edifício. Para se poder avaliar e comparar situações e amostras de diferentes níveis de degradação e poder investigar a sua variabilidade, é necessária uma normalização. Dessa forma, utiliza-se o indicador Índice de Degradação do andar (IDa) obtido através da razão entre o FGDa e o FGD da amostra em que o andar está inserido, conforme Equação 5, possibilitando padronizar os resultados e a comparação de todos os dados.

Por meio do IDa é possível calcular qual a proporção que cada andar é responsável pela deterioração da amostra, ou seja, permite quantificar a contribuição relativa de cada andar para a degradação total, pressupondo que os fatores influenciadores já mencionados são suprimidos. O resultado desse indicador pode ser empregado para estudar a variabilidade. A Tabela 15 traz alguns exemplos de resultados para IDa.

$$IDa = \frac{FGDa}{FGD} \quad (5)$$

Onde:

IDa: Índice de degradação do Andar;

FGDa: Fator Geral de Degradação do Andar e

FGD: Fator Geral de Degradação da amostra.

Tabela 15 - Exemplos de resultados para IDa

Amostra	FGD	IDa(1)	IDa(2)	IDa(3)	IDa(4)	IDa(5)	IDa(6)	IDa(topo)
A5.10	0,0120	1,4772	0,4924	0,5239	0,4103	0,4924	0,5142	3,9665
A6.4	0,1689	1,0764	0,8783	0,8041	1,0148	0,8970	0,8611	1,9578
A28.11	0,1488	0,8351	0,7835	0,4418	1,1267	1,1759	1,0149	1,5005

3.4 Análise da variabilidade

Para análise da variabilidade, utiliza-se de ferramentas estatísticas e medidas de dispersão para as amostras selecionadas. A Análise de Variância (ANOVA) é usada para avaliar se existe uma

diferença significativa entre as médias da degradação para cada grupo de variáveis comparadas. A ANOVA segue o modelo geral da Equação 6:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij} \quad (6)$$

Onde:

Y_{ij} : valor da variável resposta na j -ésima observação do i -ésimo tratamento;

μ : média geral de todos os tratamentos;

α_i : efeito do i -ésimo tratamento;

ε_{ij} : erro aleatório (residual).

A Análise de Variância é realizada por meio da tabela ANOVA padrão, conforme modelo ilustrado na Tabela 16.

Tabela 16 - Tabela padrão ANOVA

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Entre tratamentos	K-1	Qe	Se ² = Qe/K-1	F _{calc} =Se ² /Sr ²
Dentro das Amostras (Residual)	N-k	Qr=Qt-Qe	Sr ² = Qr/N-k	
Total	N-1	Qt		

Se o valor de F calculado pelo Teste F for maior que o F crítico, ou se P-valor for menor que 0.05, pelo teste de hipóteses, tem-se que a hipótese nula de igualdade entre as médias (H0) é rejeitada e há variabilidade entre os fatores analisados, conforme explicado na Tabela 17. Nos casos em que se identifica variabilidade, são realizados Testes T-Student para verificar quais os grupos que se divergem significativamente entre si por meio da comparação entre as médias (SNEDECOR; COCHRAN, 1989; MONTGOMERY; RUNGER, 2018;).

Tabela 17 - Teste de hipóteses

	Hipótese	Médias das amostras	Decisão	Variabilidade
H0	Hipótese nula	Iguais	Aceita H0	Não há variabilidade
H1	Hipótese alternativa	Diferentes	Rejeita H0	Há variabilidade

4 RESULTADOS

O estudo da variabilidade da degradação busca entender e explicar comportamentos que definem tendências. Nesta abordagem, a investigação traz resultados da degradação e sua variabilidade nas regiões e nos andares da fachada. Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos no estudo da variabilidade da degradação para as amostras gerais (item 4.1), entre as amostras localizadas na região central ou extremidades da fachada (item 4.2), e entre os andares (item 4.3). Por fim, apresenta-se uma síntese dos resultados e suas discussões (item 4.4).

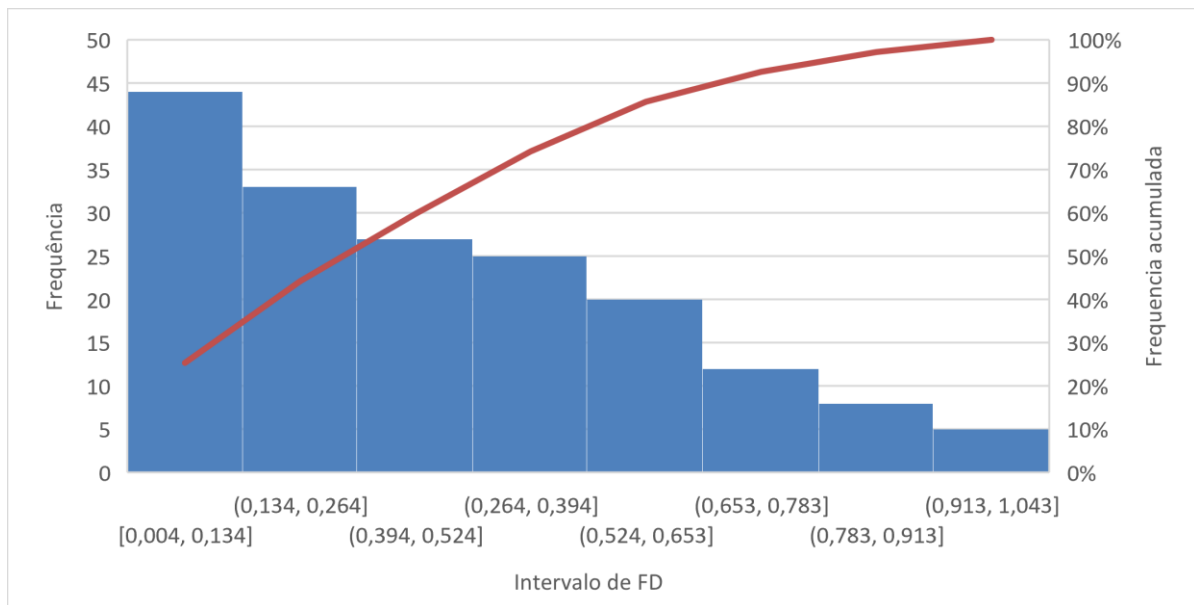
4.1 Avaliação inicial da degradação nas amostras em estudo

A presente pesquisa avalia a degradação em 174 amostras de fachada, compreendendo um total de 28.113 m² de área estudada. Nesta seção, são apresentados os resultados das análises realizadas na avaliação da degradação nas amostras de fachada em estudo. Os dados coletados na base de dados foram examinados e organizados para proporcionar uma compreensão abrangente das condições e problemas identificados durante esta investigação. Os resultados são apresentados de forma objetiva, seguindo a estrutura previamente definida, com o propósito de oferecer uma visão clara e precisa das descobertas obtidas ao analisar a degradação nas amostras.

4.1.1 Fator de Danos (FD)

O Fator de Danos é um indicador inicial capaz de mensurar a degradação das fachadas. Este utiliza como parâmetros a área degradada em função da área total da amostra (Equação 2). O FD caracteriza a distribuição dos danos existentes na fachada, sem levar em consideração o grau de importância de cada anomalia. Na Figura 16 é apresentada a frequência dos resultados do FD para as amostras utilizadas.

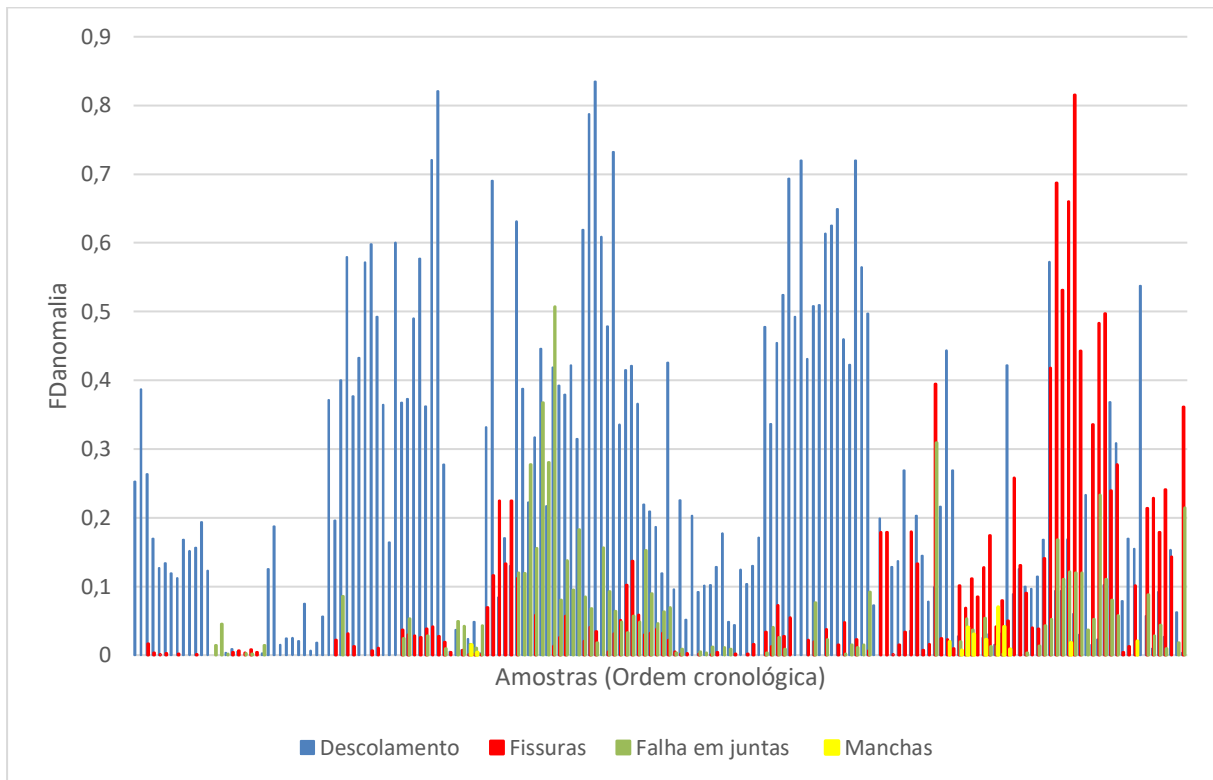
Figura 16 – Histograma - Resultados do FD para as amostras. Legenda: As barras em azul representam a frequência de ocorrências de determinada faixa de FD e a linha vermelha a frequência acumulada.



Os resultados indicam uma distribuição dos dados assimétrica, com maior concentração de amostras nos grupos de menores valores de FD, tendo uma redução da frequência conforme aumento do FD. Isso significa que os valores inferiores são mais comuns ou frequentes em comparação com os valores maiores. Quase 50% das amostras apresentam FD até 0,264. Os resultados seguem a tendência clássica da degradação de fachadas, com número alto de frequência nos grupos de menores valores de FD (SILVA, 2014; SOUZA, 2016).

O FD pode ser aplicado também para estudar a incidência de cada grupo de anomalias, por meio do índice ($FD_{anomalia}$). A somatória de todos os $FD_{anomalia}$ será igual ao FD. A Figura 17 apresenta um gráfico com os resultados para os quatro grupos de anomalias da pesquisa para todas as amostras em análise, na ordem crescente de idade, da esquerda para direita.

Figura 17 - Resultados de FD para cada anomalia (FDanomia)



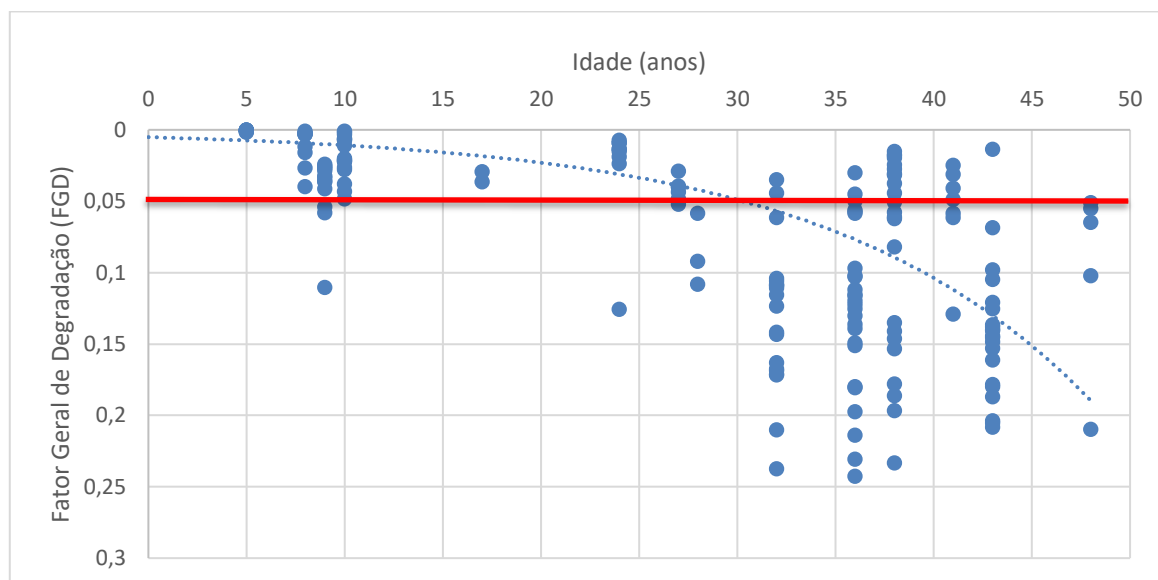
Observa-se maior concentração de descolamento em comparação às outras anomalias, bem como, variabilidade mais alta. O descolamento é a mais incidente e de maior gravidade, com amostras apresentando $FD_{\text{descolamento}}$ superior a 0,8. O gráfico mostra a presença do descolamento em todas as idades. A incidência de fissuras é mais marcante para as amostras de edifícios mais velhos (mais a direita), apresentando casos graves que também ultrapassam o FD_{fissuras} de 0,8.

Para falha em juntas, observa-se uma concentração mais alta nos edifícios de idades intermediárias e naqueles mais antigos. A degradação em revestimento cerâmico por manchas é baixa e inexpressiva, com os FD_{anomalia} das amostras abaixo de 0,1. A sua maior extensão também ocorre nos edifícios de maiores idades.

4.1.2 Fator Geral de Degradação (FGD)

Os resultados para o cálculo do indicador de degradação FGD é apresentado na Figura 18 na forma de uma curva de degradação, que mostra o comportamento ao longo do tempo. É possível visualizar a distribuição dos dados em relação a idade.

Figura 18 – Curva de degradação com os dados de FGD



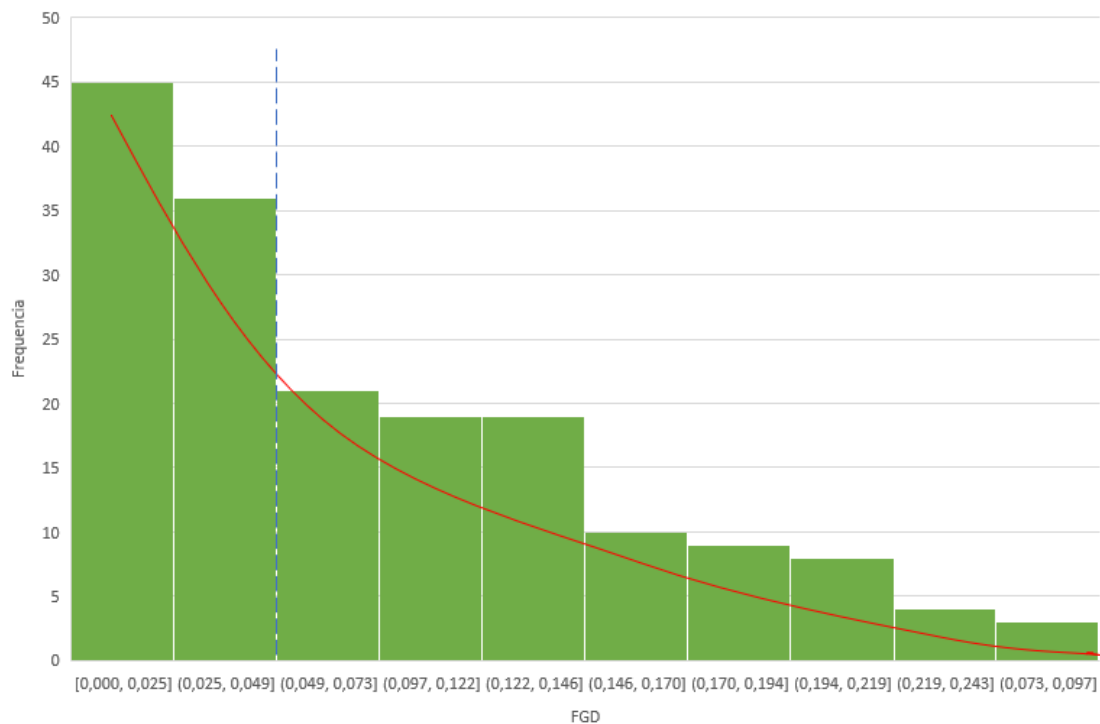
A base de dados utilizada pertence ao DMM Project, sendo a mesma das pesquisas de (SOUZA, 2016, 2019; PIAZZAROLLO, 2019; ANDRADE, 2022), porém, há diferenças nas escolhas das amostras trabalhadas e nas investigações realizadas. Nesta pesquisa, a seleção da amostragem é realizada a partir dos critérios adotados, como a quantidade de andares (6 andares). A amostragem é composta por edifícios entre 5 e 48 anos, tendo edifícios compondo quase todas as idades, garantindo boa representatividade na investigação. A curva representa a caracterização e o comportamento da degradação no decorrer do tempo da amostra em estudo, sem a segmentação por nenhum outro fator, apenas relacionando com a idade. A tendência obtida é semelhante a original da base de dados (Figura 8), e o ajuste da curva é feito pelo tipo polinomial.

Com base na curva apresentada, nota-se que a degradação tem uma natureza progressiva, e o Índice de Degradação (FGD) cresce com a passagem do tempo. A curva apresenta uma inclinação mais baixa para os dados de FGD menores, e a inclinação vai aumentando conforme aumenta o valor de FGD. Isso indica que a velocidade de degradação aumenta com a idade, ou seja, o processo se inicia lento e é mais intenso nas idades mais avançadas. É possível constatar também que a grande maioria dos resultados de FGD para edifícios mais novos estão abaixo do limite de vida útil (0,05) e aqueles mais antigos, apresentam FGD maiores que 0,05.

Observa-se que os FGD das amostras variam entre valores próximos a 0,003 até o valor máximo de quase 0,25. Com isso, infere-se a grande dispersão dos resultados existente, constatando que a degradação nas fachadas é um processo com alta variabilidade e complexidade. A figura 19

apresenta os resultados do FGD por meio de um histograma, que mostra as tendências de frequências de ocorrências, independentemente de idade, permitindo uma visão geral da variação do conjunto de dados.

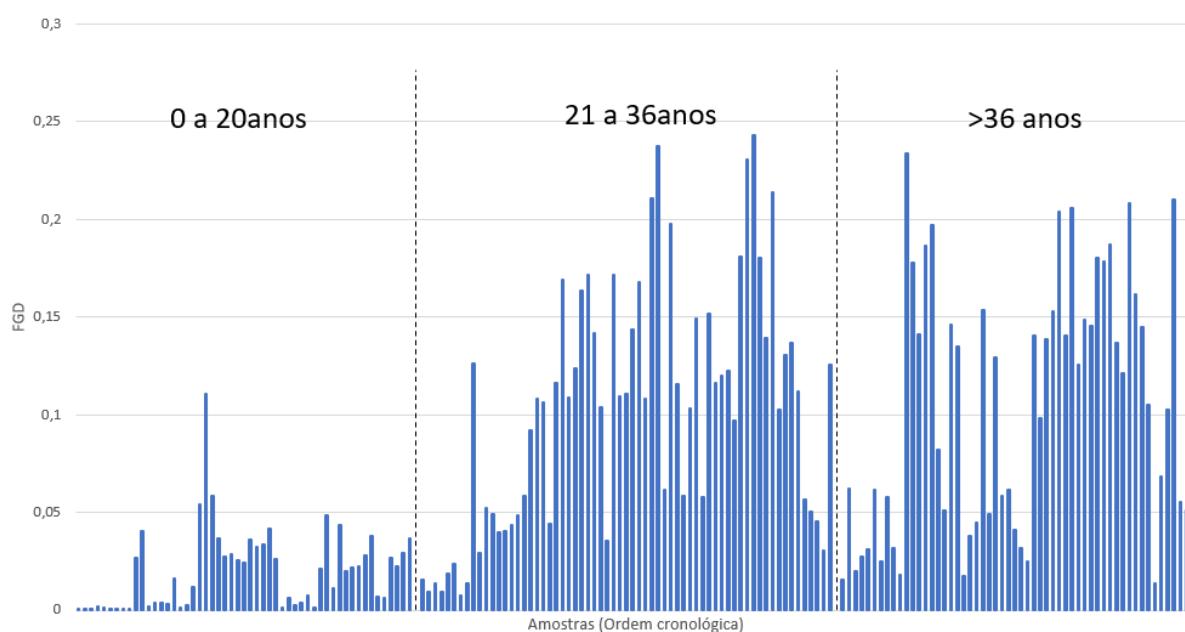
Figura 19 - Histograma - Resultados do FGD para as amostras. Legenda: As barras verdes representam a frequência de ocorrências de determinada faixa de FGD; a linha vermelha a curva que representa o comportamento das frequências; e a linha azul tracejada representa o limite de vida útil (0,05)



É possível observar que o maior número de casos ocorre para os grupos com menores níveis de degradação. À medida que se aumenta o FGD, o número de ocorrências diminui. A curva em vermelho permite inferir que o número de casos tem uma redução com comportamento exponencial, conforme o nível de degradação cresce. Por meio da linha azul tracejada, tem-se que 81 dos casos estão abaixo do limite considerado como fim de vida útil, representando 46,55%, e as outras 93 amostras já ultrapassaram esse limite (53,45%).

Uma das constatações mais relevantes ao analisar a degradação é sua evolução ao longo do tempo, mais precisamente, em relação à idade. Neste sentido, são realizadas análises para investigar a influência do envelhecimento nos processos de degradação. A seguir, na Figura 20, são apresentados os resultados obtidos para a degradação em três diferentes faixas etárias, em ordem cronológica crescente.

Figura 20 – FGD por grupos de idade



Observa-se variabilidade dos níveis de degradação entre todos os grupos de idades e dentro do mesmo grupo de idade. Isso mostra que a diferenciação entre a degradação das amostras não ocorre somente pela idade e há outros fatores determinantes para isso. Edifícios mais novos, de até 20 anos, apresentaram valores mais baixos de FGD. Para esse grupo de idades, apenas três amostras ultrapassaram o valor de 0,05.

O comportamento para edifícios do grupo de 20 a 36 anos e do grupo de edifícios mais velhos (acima de 36 anos) foi semelhante, apresentando amostras de valores próximos a 0 até valores próximos de 0,25, mas com a grande maioria de valores altos, acima de 0,05. Para os edifícios entre 20 e 36 anos, tem-se 1/3 das amostras com FGD inferior ao 0,05 e para aqueles maiores que 36 anos, observa-se que apenas 1/4 está abaixo do mesmo valor. A Tabela 18 apresenta os resultados das medidas de dispersão do FGD das amostras, incluindo média, desvio padrão e seus valores mínimos e máximos.

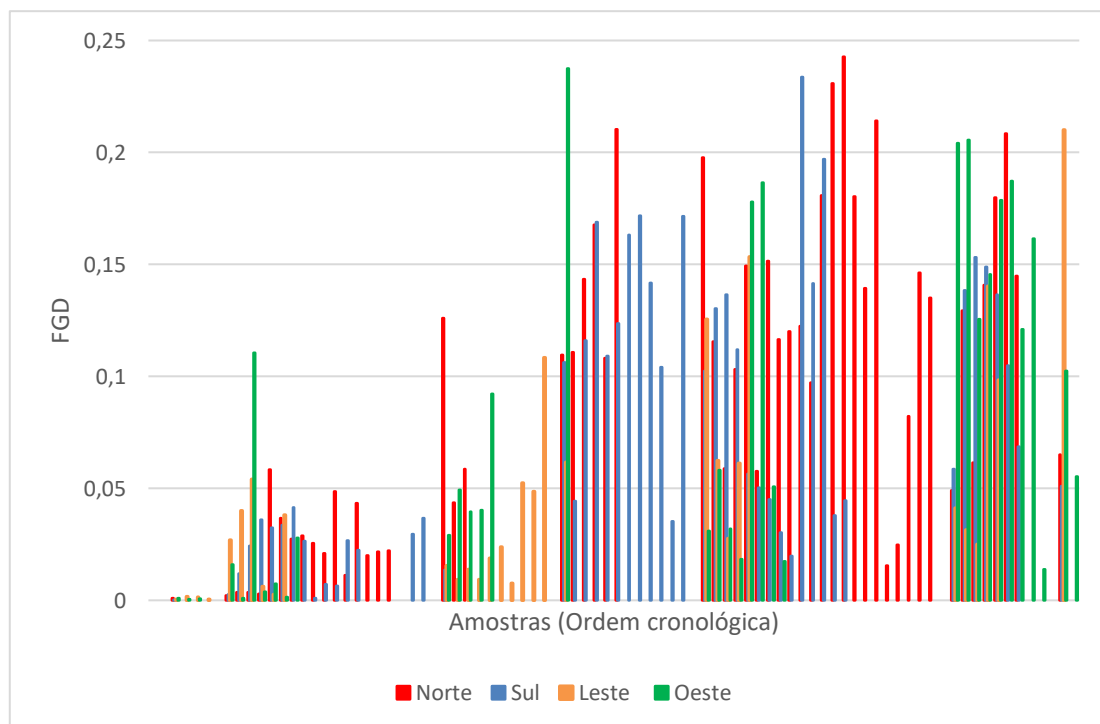
Tabela 18 – Resultados das medidas de dispersão do FGD das amostras

	0-20	21-36	> 36
Contagem	53	65	56
Média	0,0200	0,1026	0,1043
Desvio padrão	0,0207	0,0628	0,0647
Coef.variação (%)	103,59	61,22	62,05
Mínimo	0,0003	0,0076	0,0138
Máximo	0,1104	0,2428	0,2336

A partir dos dados apresentados na Tabela 18, observa-se que, com o avançar da idade dos edifícios, há uma tendência de aumento no valor mínimo de degradação registrado, indicando que nos edifícios, as fachadas vão ficando mais degradados com o aumento da idade, fortalecendo a hipótese de que a degradação aumenta ao longo do tempo.

A orientação cardinal exerce um papel crucial na variabilidade da degradação de fachadas. A Figura 21 traz todos os resultados de FGD em ordem crescente de idade e apresentados conforme orientação cardinal da fachada.

Figura 21 - Resultados de FGD das amostras, caracterizados por orientação cardinal



Os resultados de FGD segmentados por orientação mostram que há amostras de todas as idades e diferentes níveis de degradação para as quatro orientações cardiais. De forma em geral, para um mesmo grupo de idades, observa-se maiores destaques para Norte e Oeste em relação às outras orientações. O desvio padrão mais alto ocorre para orientação Oeste, que apresenta valores mais altos e valores bem baixos, como se observa nas amostras mais à esquerda da figura.

Para os edifícios com idades até 20 anos, observa-se valores de FGD abaixo de 0,07, com poucas amostras acima de 0,05, considerado como limite de vida útil. Edifícios acima de 20 anos, na sua grande maioria, apresentaram valores de FGD superiores a 0,05, com algumas

amostras ultrapassando a marca de 0,20, ou seja, mais de quatro vezes superior ao limite considerado como o aceitável para vida útil de fachadas com revestimento cerâmico.

Utilizando a análise estatística, por meio da Análise da Variância (ANOVA), é possível quantificar essa variabilidade entre os dados. A Tabela 19 traz um resumo dos resultados do teste ANOVA para o FGD das amostras, para as combinações entre os grupos de idade. Para valores de p-valor inferiores a 0,05, é possível afirmar que a média entre aqueles grupos não são iguais, ou seja, há a variabilidade.

Tabela 19 - Resumo dos resultados da Análise da Variância do FGD entre as faixas de idade

Idade	Estatística de teste	p-valor
Todos os grupos de idades	43,4194	5,64E-16
Grupo 1 e Grupo 2	84,1633	2,04E-15
Grupo 1 e Grupo 3	81,9891	7,00E-15
Grupo 2 e Grupo 3	0,0203	0,8870

Inicialmente, trabalha-se com todos os grupos de idades de forma conjunta, obtendo o valor de p-valor igual a 5,64E-16, indicando que a média do FGD das amostras de pelo menos um grupo de idade diverge das outras e a idade é uma variável significativa na degradação de fachadas. Com isso, faz-se o teste t-student para os grupos de idades de dois a dois para identificar quais os grupos de idade apresentariam diferença estatisticamente significativa entre si. Os resultados de p-valor indicam que há variabilidade da degradação entre amostras de idades diferentes, mas precisamente entre os edifícios dos grupos de idades 1 e 2, e entre os edifícios dos grupos 1 e 3. Não se verificou diferença significativa entre os grupos de idade 2 e 3.

A variabilidade da degradação pode ocorrer devido a diversos fatores. Dessa forma, busca-se uma análise das amostras por fachada, excluindo os fatores influentes relacionados a idade e orientação. Na Tabela 20 são apresentados os resultados de medidas de dispersão para cada fachada, onde a “denominação da fachada” consiste no número de identificação do edifício na base de dados seguido da orientação cardeal, exemplo: “Fachada 2 Norte”, significa que é uma fachada do edifício número 2 e voltada para orientação Norte. As fachadas que possuem apenas uma amostra, apresentam os valores do desvio padrão e coeficiente de variação igual a 0, assim, são excluídas desta análise. Essa tabela representa a caracterização de todas as fachadas da dissertação que possuem mais de uma amostra.

Tabela 20 - Avaliação do FGD para a divisão por fachadas, em ordem crescente de idades

Fachada	Número de amostras	Idade	Média FGD	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
4 Leste	4	5	0,0010	0,0006	64,42
4 Oeste	3	5	0,0007	0,0002	32,74
5 Leste	2	8	0,0335	0,0094	28
5 Norte	4	8	0,0030	0,0007	21,89
5 Oeste	2	8	0,0085	0,0107	125,42
5 Sul	2	8	0,0073	0,0067	91,49
2 Norte	5	9	0,0353	0,0136	38,36
2 Sul	6	9	0,0323	0,0063	19,56
7 Leste	2	10	0,0044	0,0025	55,94
7 Oeste	3	10	0,0042	0,0030	71,81
10 Norte	7	10	0,0269	0,0137	50,79
10 Sul	4	10	0,0156	0,0104	66,61
11 Sul	2	17	0,0331	0,0051	15,29
36 Leste	7	24	0,0162	0,0059	36,22
43 Oeste	3	27	0,0430	0,0054	12,49
6 Norte	6	32	0,1416	0,0413	29,13
6 Sul	12	32	0,1213	0,0463	38,15
9 Norte	17	36	0,1457	0,0553	37,96
9 Sul	8	36	0,0829	0,0419	50,6
29 Leste	2	38	0,0450	0,0246	54,71
30 Oeste	3	38	0,0580	0,0202	34,79
39 Sul	2	38	0,1875	0,0652	34,79
40 Oeste	2	38	0,1186	0,0960	80,97
42 Norte	2	38	0,1407	0,0080	5,67
42 Sul	2	38	0,0411	0,0047	11,45
32 Norte	2	41	0,1293	0,0568	43,9
37 Leste	3	41	0,0315	0,0081	25,75
28 Leste	2	43	0,1193	0,0296	24,82
28 Norte	4	43	0,1684	0,0319	18,96
28 Oeste	8	43	0,1661	0,0332	19,99
28 Sul	4	43	0,1442	0,0080	5,54
8 Oeste	2	48	0,0788	0,0333	42,32

Observa-se que a variação reduz com o aumento da idade. Quando se tem um nível de degradação muito alto, a degradação é muito avançada em todos os pontos da fachada, com extensão e própria gravidade superiores e não há dominância de localização. Ou seja, tem uma

degradação tão significativa e generalizada, que já não tem a variação que se observa nas idades menores. Para edifícios mais novos a variação é maior porque eles apresentam degradação mais leve e muitas vezes pontuais, logo, em uma mesma fachada, há possibilidade de ser encontrar anomalias localizadas em apenas alguma posição ou zona da fachada (BAUER; DE SOUZA; PIAZZAROLLO, 2020).

Em sua pesquisa, Souza (2019) propôs em seus modelos, a idade para o fim de vida útil em torno de 25 anos para fachadas com revestimento cerâmico, assim, esse foi o critério utilizado para o agrupamento proposto nessa seção. A Tabela 21 traz um resumo com a média dos coeficientes de variação para as fachadas divididas em duas faixas de idades, na análise por fachada.

Tabela 21 - Médias do coeficiente de variação

Idades (anos)	Número de fachadas	Média FGD	Média coeficiente de variação (%)
5 a 24	14	0,0159	51,32
27 a 48	18	0,1091	31,78

Na faixa de 5 a 24 anos, tem-se os valores mínimos e máximos de coeficientes de variação igual a 15,29% e 125,42%, respectivamente. Em cima disso, tem-se a média de 51,32%, ressaltando que há valores altos e outros muito pequenos para o coeficiente de variação. Para as idades entre 27 e 48 anos, onde a média do FGD é quase dez vezes maior que do outro grupo, os valores mínimos e máximos são 5,54% e 80,97%.

Os resultados mostram que a dispersão dos resultados é maior para os intervalos de 5 a 24anos, ou seja, aqueles com menores níveis de degradação. Conforme aumenta a idade, a variação reduz. Ao se trabalhar com os edifícios de idades extremas (os mais novos e os mais velhos), a tendência é a mesma, porém, mais intensificada. Para os edifícios acima de 41 anos, a variação cai e a média do coeficiente de variação chega a 25,90%. A Tabela 22 traz os resultados obtidos para a média do coeficiente de variação das fachadas com idades extremas.

Tabela 22 - Médias do coeficiente de variação para as fachadas de idades nos intervalos extremos

Idades (anos)	Média coeficiente de variação (%)
0 a 10	55,59
>38	25,90

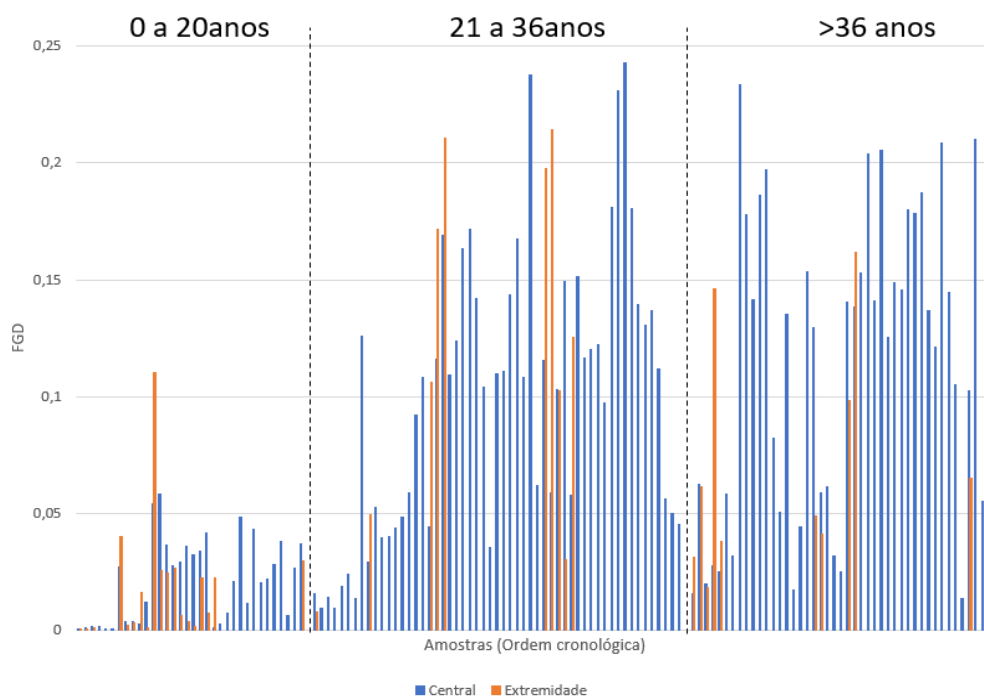
Os resultados mostram que há fachadas que apresentam amostras com níveis de degradação semelhantes, porém, há algumas que continuam apresentando grande dispersão entre suas amostras, constatando que há outros fatores influenciadores da degradação, além de idade e orientação cardinal, que são duas características comuns para amostras de uma mesma fachada.

4.2 Degradação nas regiões da fachada

Na sessão anterior discutiu-se de forma em geral, a variabilidade da degradação que ocorre nas fachadas dos edifícios com revestimento cerâmico. Nessa, é discutida a variação que ocorre nas regiões das fachadas, que nessa investigação foram divididas em dois grupos, sendo central e extremidade. Essa abordagem busca analisar se o processo de degradação ocorre de forma igual ou diferente nas amostras das diferentes regiões.

Os resultados de FGD das amostras, divididas entre regiões central e extremidade são apresentadas na Figura 22 em ordem crescente de idade, onde se fez a segmentação em três grupos.

Figura 22 – FGD das amostras divididas por regiões



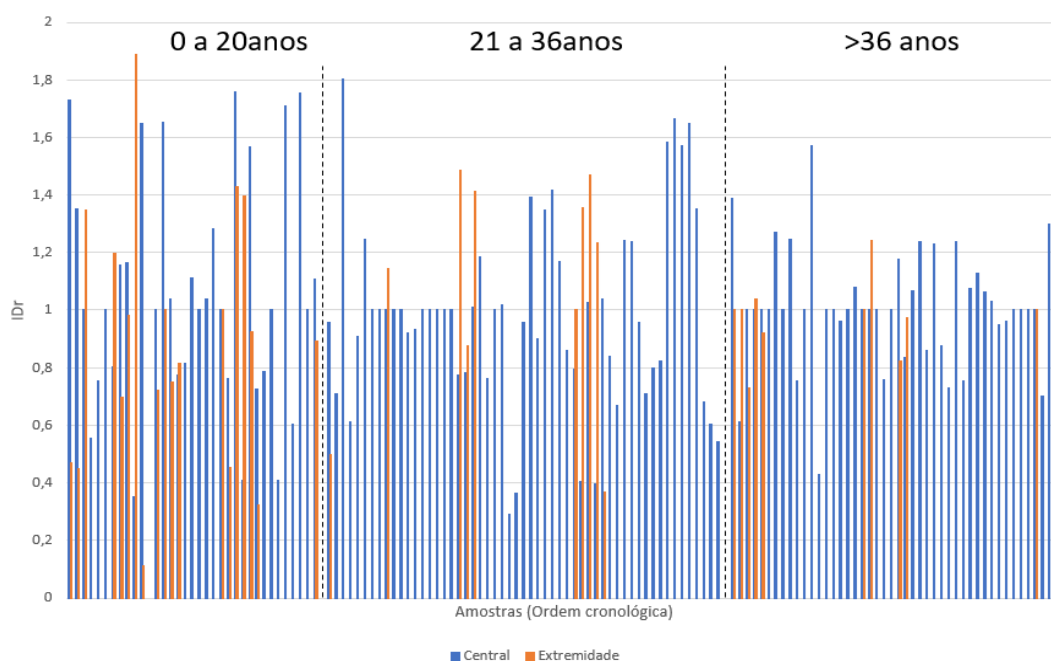
Observa-se que há muito mais amostras de região central do que extremidade. Tem-se uma variação intrínseca em torno dessa questão abordada, mas busca-se investigar se existe uma diferença significativa em função desse posicionamento da amostra. Ao comparar as regiões

para cada grupo de idade, observa-se que o comportamento é semelhante para as duas regiões. Os valores de FGD para edifícios do grupo de 0 a 20 anos são baixos e para os outros dois grupos de idades, os FGD são similares.

O gráfico mostra valores altos e baixos de degradação, obviamente consequência dos fatores que gerenciam a degradação: idade, exposição, agentes etc. Assim, a investigação propõe um indicador normalizado, chamado de Índice de Degradação da região (IDr), que permita trabalhar tudo de forma conjunta, independentemente da idade da amostra, por exemplo. Esse índice tem uma grande importância pois permite a comparação de amostras de edifícios com diferentes características, idades ou níveis de degradação.

O índice IDr é obtido através do FGD da amostra, normalizado pelo FGD médio entre as amostras de uma mesma fachada (Equação 4). Caso esteja trabalhando no nível baixo de degradação, 0 a 20anos, tem-se que o FGD é menor, porém, a média da fachada também vai ser inferior. Se estiver no nível alto de degradação, nas amostras de idades maiores que 36 anos, por exemplo, tem-se FGD bem superior, mas a média da degradação será muito maior também. Com essa padronização, passa a ter um índice em um mesmo patamar, que permite comparações para avaliar essa diferenciação em todas as idades. Os valores de IDr não é uma medição da degradação, é um índice normalizado para observar a variabilidade. A investigação do índice IDr para cada grupo de idade é realizada e apresentada na Figura 23, também em ordem cronológica.

Figura 23 - IDr das amostras divididas por regiões



Observa-se no gráfico da Figura 23 que após a normalização, tem-se um patamar praticamente no valor de 1, com algumas amostras para cima e outras pra baixo. Ao comparar com os resultados vistos na Figura 22, verifica-se que o índice IDr funciona e é possível estudar a variabilidade em cima disso. Resultados numéricos de dispersão entre amostras de uma mesma região e para cada grupo de idades podem ser consultados na tabela 23.

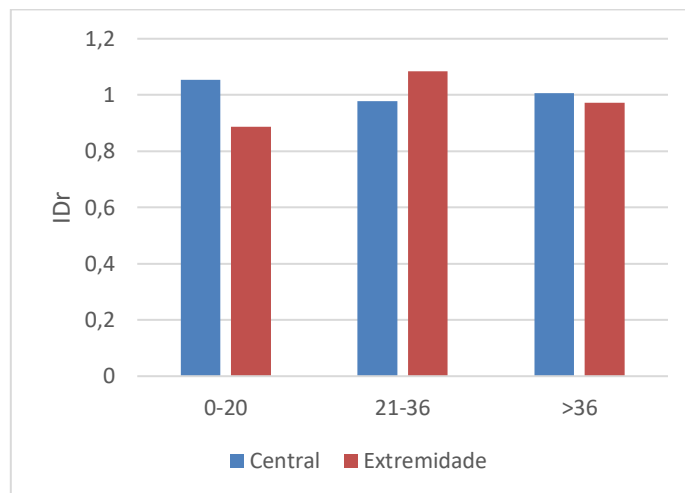
Tabela 23 – Média, desvio padrão e coeficiente de variação para os resultados de IDr

Grupo de idades	Medidas	Central	Extremidade
0 a 20anos	Média do IDr	1.0534	0.8866
	desvio padrão	0.4032	0.4382
	coef.variação (%)	38.2765	49.4265
21 a 36anos	Média do IDr	0.9880	1.0843
	desvio padrão	0.3263	0.3981
	coef.variação (%)	33.0259	36.7108
>36anos	Média do IDr	0.9961	0.9729
	desvio padrão	0.2100	0.1351
	coef.variação (%)	21.0871	13.8894

A Tabela 23 aborda as medidas de dispersão entre as amostras de uma mesma região, ou seja, compara os resultados de IDr entre as próprias amostras da extremidade ou entre as da região central. Observa-se que de 0 a 20 anos, tem-se a variabilidade maior entre amostras da extremidade do que da central. O mesmo ocorre para aquelas de 21 a 36 anos, porém, com menor representatividade. Para os edifícios mais velhos que 36 anos, o coeficiente de variação é superior para as amostras da região central.

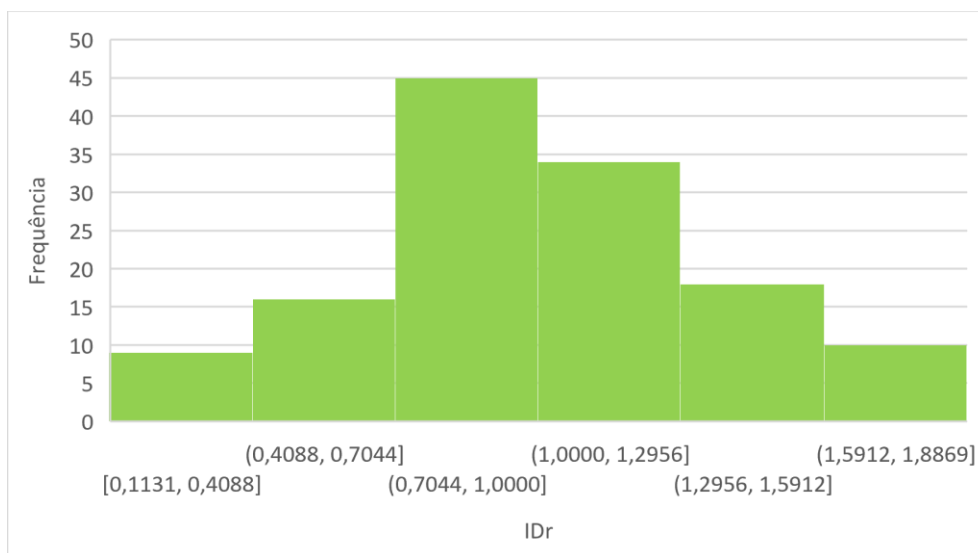
Na Figura 24 são mostradas as médias do IDr das regiões central e extremidade para cada grupo de idade. Os grupos de idade 1 e 3 apresentam IDr médio da região central levemente superior que da região extremidade. Para o grupo 2, há maior IDr para a região extremidade.

Figura 24 - Média dos IDr para cada grupo de idade



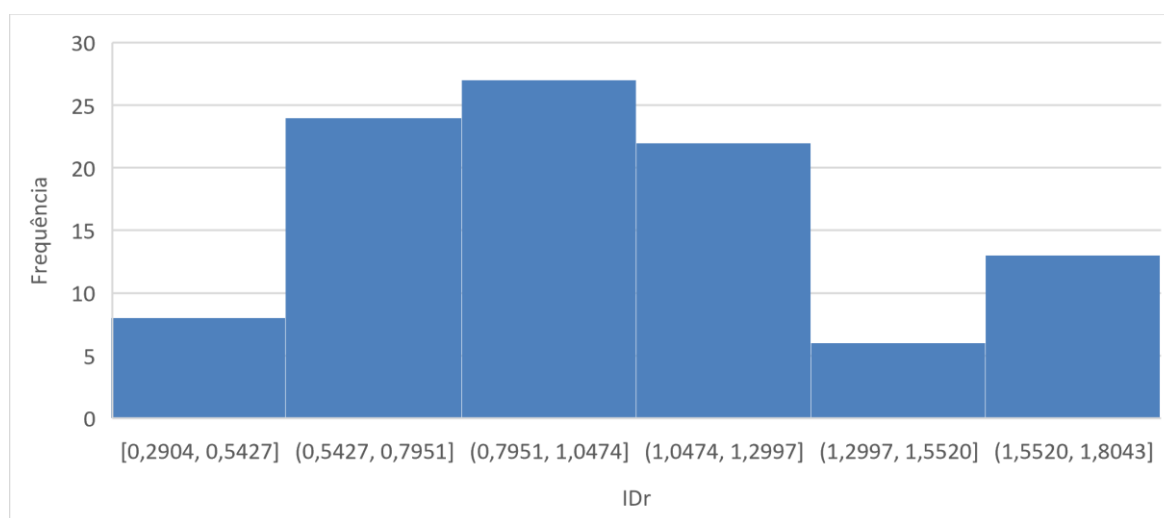
A distribuição de frequência de ocorrência dos valores de IDr para todas as amostras estão apresentadas em forma de histograma na Figura 25.

Figura 25 – Histograma para todos os dados de IDr das regiões centrais e extremidades



O histograma apresenta maior frequência nas barras da região central, indicando que há uma distribuição de dados simétrica, onde a maioria dos dados estão concentrados no centro da distribuição. Isso pode sugerir que os dados têm baixa variabilidade em relação à média. Na Figura 26 está apresentada a distribuição de frequência dos valores de IDr para as amostras localizadas na região central.

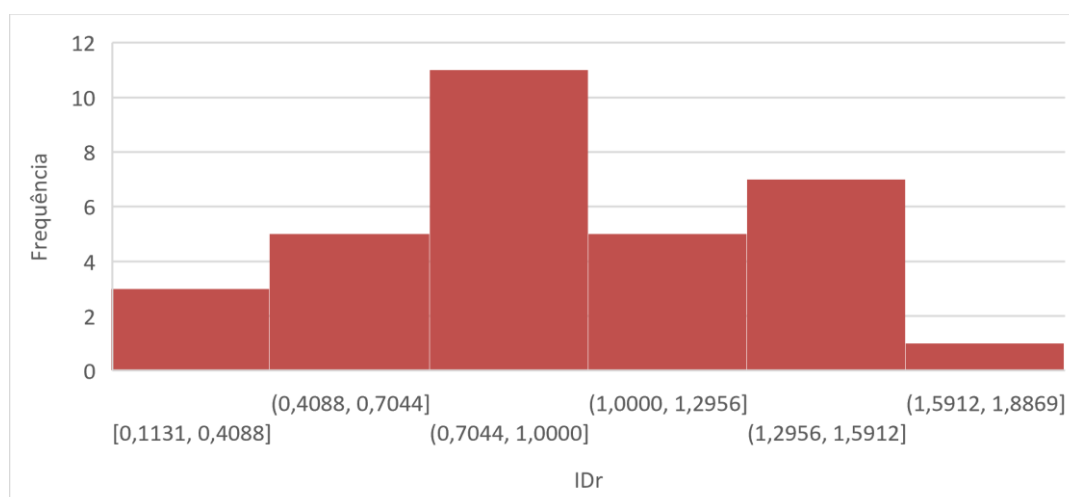
Figura 26 - Histograma do IDr para a região central



Por meio do histograma busca-se caracterizar os resultados para as regiões centrais e extremidades. Observa-se que há uma concentração de ocorrências para valores intermediários de IDr, com uma pequena tendência para a esquerda. Quase 60% dos dados encontram até o valor de 1,0474, com pico no intervalo de IDr variando de 0,7951 a 1,0474.

A distribuição de frequência de ocorrência dos valores de IDr para as amostras localizadas na região extremidades são apresentadas em forma de histograma na Figura 27.

Figura 27 - Histograma do IDr para a região extremidade



O comportamento do IDr para a região extremidade é bem semelhante ao da região central, porém, o intervalo com o pico é mais evidenciado e está entre IDr 0,7044 e 1,0000, contendo cerca de 35% dos casos. É importante destacar que para todas as análises do IDr por histograma há esse comportamento simétrico.

Propõem-se a realização da Análise da Variância com os valores de IDr para avaliar a existência ou não de diferença significativa entre a degradação nas regiões central e extremidade. Os resultados são expostos na Tabela 24.

Tabela 24 – ANOVA para regiões

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F calc</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,0693	1	0,0693	0,6465	0,4225	3,8961
Dentro dos grupos	18,4407	172	0,1072			
Total	18,5100	173				

Observa-se pelos resultados da ANOVA que não há diferença significativa entre as regiões da fachada. O parâmetro p-valor (0,4225) é maior que 0,05 e pelo teste de hipóteses, tem-se que a hipótese nula de igualdade entre as médias (H0) não é rejeitada, logo, não há variabilidade entre as regiões analisadas. Pelo teste F, tem-se que índice de degradação das regiões não varia entre as regiões central e extremidade, visto que o Fcalculado é menor que o Fcrítico.

A análise da variância também é realizada para os agrupamentos de idades. A Tabela 25 apresenta um resumo dos resultados da ANOVA para as regiões.

Tabela 25 – ANOVA para as regiões por grupos de idades

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F calc</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,4900	5	0,0980	0,6853	0,6354	2,2862
Dentro dos grupos	18,0193	126	0,1430			
Total	18,5093	131				

Observa-se na Tabela 25, pelos resultados dos parâmetros F calculado e p-valor que para todas os grupos de idade, não se rejeita a hipótese nula de igualdade entre as médias das regiões, podendo afirmar que não há variabilidade entre as regiões para nenhuma das idades. A Tabela 26 traz uma síntese dos resultados da ANOVA, onde se verifica a igualdade entre todas as regiões agrupadas por idade.

Tabela 26 – Síntese dos resultados da ANOVA

Central de 0 a 20 anos	Central de 21 a 36 anos	Central com >36anos	Extremidade de 0 a 20 anos	Extremidade de 21 a 36 anos	Extremidade com >36anos
x1	y1	z1	t1	u1	v1
x2	y2	z2	t2	u2	v2
x3	y3	z3	t3	u3	v3
.
.
.
xn	yn	zn	tn	un	vn

A partir da Tabela 26, observa-se que não há diferença entre os grupos analisados. Essa questão pode levar em considerações outras abordagens, como a análise segmentada por fachada de forma que permita avaliar os dados separadamente.

A proposta do IDr é permitir a análise de forma unificada de todas as amostras e verifica-se essa possibilidade. A análise de variância realizada no conjunto total de dados comprova que não há variabilidade significativa entre os grupos comparados. Isso pode ocorrer quando as médias dos grupos são muito semelhantes e a variância dentro de cada grupo é relativamente pequena em comparação com a variância total.

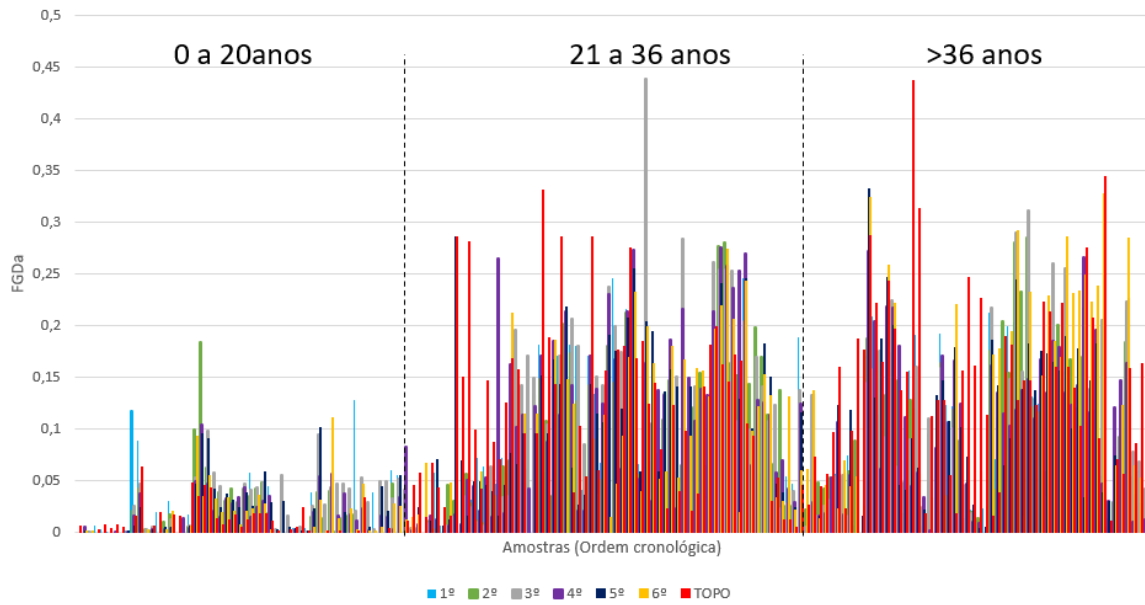
Nesse caso, a ANOVA não encontra evidências estatisticamente significativas de diferenças entre os grupos, indicando que, do ponto de vista da média, os grupos são praticamente idênticos. Essa situação pode ocorrer, pois os resultados em todos os grupos são consistentemente próximos à média global, o que sugere que a região não teve um efeito substancialmente diferente em cada grupo.

4.3 Degradação nos Andares

4.3.1 Fator Geral de Degradação no Andar (FGDa)

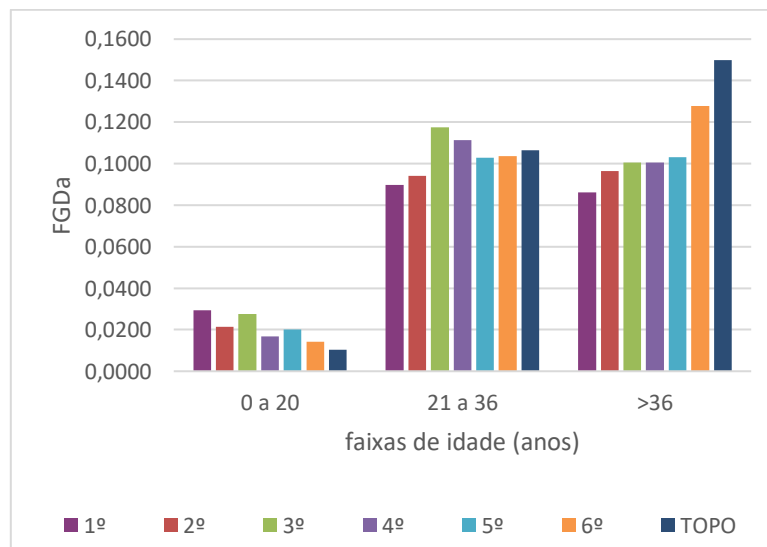
Os resultados de degradação obtidos a partir da aplicação da Equação 3 para cada andar de todas as amostras são apresentados na Figura 28, onde é possível visualizar o perfil da degradação nos andares em ordem crescente de idade.

Figura 28 - Resultados de degradação obtidos a partir da aplicação da Equação do FGDa para cada andar.



Observa-se pela densificação que há dispersão dos resultados obtidos da degradação entre os andares e entre os próprios dados de cada andar. Todos os grupos de idades apresentam exemplos de FGDa baixo, porém, a maior frequência é vista para os edifícios novos. Maiores valores de FGDa são obtidos para edifícios com idades superiores a 21anos. Em relação aos andares, observa-se que apresentam comportamentos bem distintos, tendo o topo os valores mais altos, bem como a dispersão mais alta. Os resultados da análise do FGDa por grupo de idade são apresentados na Figura 29.

Figura 29 - Resultados médios de FGDa por grupo de idade



Edifícios de 0 a 20 anos apresentaram os FGDa mais baixos, com média abaixo de 0,03 em todos os andares. Neste grupo de idade, tem-se o primeiro e o terceiro andar com valores mais

altos, e o sexto e topo com menores. A maior degradação ocorre para os edifícios acima de 20 anos para todos os andares (grupos de idades 2 e 3).

Para o grupo de idades entre 21 e 36 anos, o destaque ocorre para terceiro e quarto andar, com o primeiro andar passando a ter o resultado mais baixo. Já para edifícios mais velhos que 36 anos, o comportamento é bastante diferente dos demais, com maiores destaques para topo e sexto andar e com o primeiro bem inferior. Neste grupo de idade, observa-se praticamente a existência de um patamar no valor de FGDa igual a 0,10 para os andares 3, 4 e 5, mostrando certa homogeneidade da degradação nesses andares.

Ao observar o gráfico, destaca-se que sexto andar e topo só aparecem superiores para os grupos de idades superiores. Nos intermediários não são tão significativos, e nos mais jovens, aparecem com as menores médias. Observa-se maiores amplitudes entre os andares nos edifícios do grupo de idades 3. A Tabela 27 apresenta os resultados de comparação entre os andares para cada grupo de idades. Assim como observado no gráfico, a dispersão é inferior para as idades intermediárias.

Tabela 27 - Resultado da dispersão entre andares para cada grupo de idades

Idade	0 a 20	21 a 36	>36
Média	0,0199	0,1037	0,1092
Desvio Padrão	0,0068	0,0096	0,0219
Coef.variação	34,35	9,23	20,04

Os resultados das medidas de dispersão do FGDa entre amostras para cada andar e para cada grupo de idade são apresentados na Tabela 28.

Tabela 28 - Medidas de dispersão do FGDa para os andares, para cada grupo de idade

Grupo de idade	Medida de dispersão	1º	2º	3º	4º	5º	6º	TOPO
0 a 20 anos	Média	0,0293	0,0214	0,0275	0,0167	0,0200	0,0143	0,0103
	Desvio padrão	0,0324	0,0308	0,0268	0,0208	0,0252	0,0225	0,0144
	Coef.variação	110,81	144,02	97,48	124,41	125,67	157,70	138,91
21 a 36 anos	Média	0,0897	0,0940	0,1175	0,1114	0,1029	0,1035	0,1065
	Desvio padrão	0,0704	0,0727	0,0917	0,0832	0,0743	0,0730	0,0845
	Coef.variação	78,49	77,29	78,01	74,70	72,22	70,52	79,40
	Média	0,0861	0,0965	0,1006	0,1006	0,1032	0,1278	0,1498

Grupo de idade	Medida de dispersão	1º	2º	3º	4º	5º	6º	TOPO
Maiores que 36anos	Desvio padrão	0,0745	0,0763	0,0825	0,0743	0,0784	0,0952	0,0894
	Coef.variação	86,57	79,00	81,96	73,88	75,98	74,52	59,69

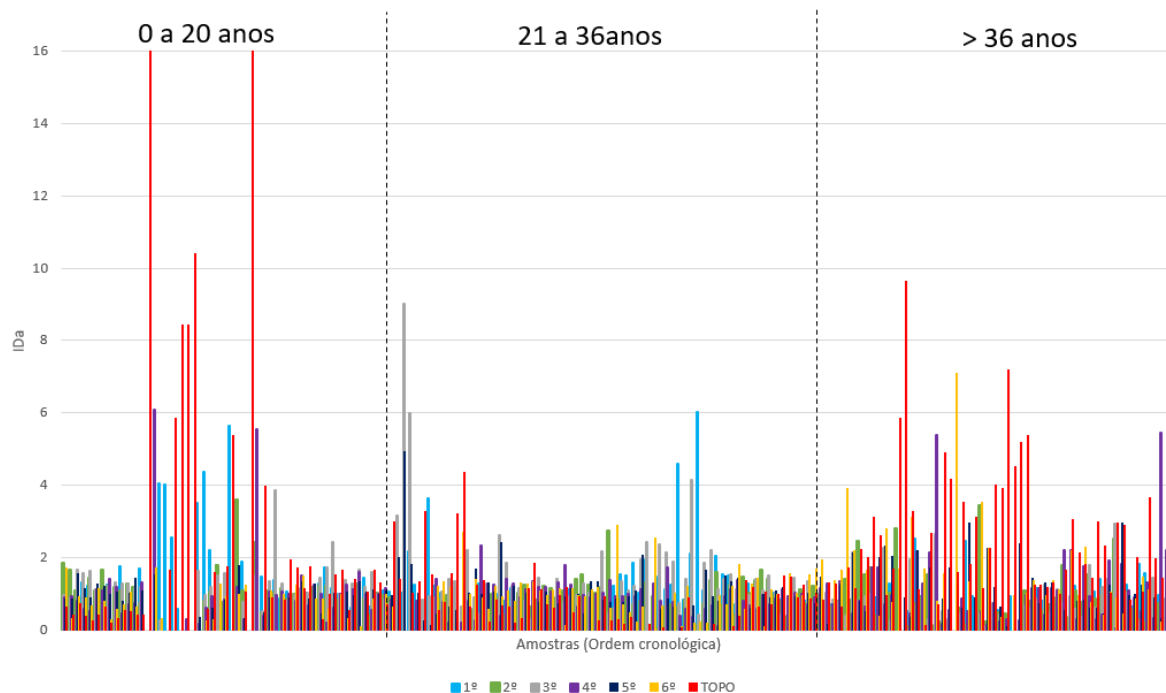
Nela pode-se observar que as maiores variações entre as amostras ocorrem para o grupo de idades mais novas, assim como ocorre para o FGD. Destaca-se que a Tabela 27 apresenta a análise do FGDa entre andares e já a Tabela 28 faz a comparação entre as amostras de um mesmo andar.

4.3.2 Índice de Degradação do Andar (IDa)

O estudo associado aos andares busca investigar a degradação nas posições relacionadas a verticalidade da fachada. Tem-se níveis de degradação muito distintos em função de vários fatores, como a idade. Dessa forma, propõem-se o índice IDa (Equação 5) para possibilitar a comparação de todos os valores em uma mesma faixa de variação. Ou seja, busca-se uma padronização de todos os valores de FGDa dos andares, sejam eles de edifícios mais ou menos degradados, captando nessa análise a variabilidade que se tem entre os andares, desconsiderando o nível de degradação da amostra.

O IDa avalia o nível de degradação do andar em relação a degradação da amostra. Dessa forma, o índice indica a representatividade de cada andar em relação ao da amostra. O IDa não mede a degradação, logo, IDa alto não significa elevada degradação obrigatoriamente. Os resultados de IDa estão expressos na Figura 30 em ordem cronológica da idade dos edifícios.

Figura 30 – Resultados de IDa para todos os andares de todas as amostras



A Figura 30 apresenta os resultados do IDa para todas as amostras em estudo. Observa-se a dispersão dos dados e como ocorre a importância do andar em relação a amostra na qual ele está contido. Ao comparar essa figura com a Figura 28, verifica-se que o índice IDa também funciona bem ao padronizar em um mesmo patamar. Aqueles resultados que estão bem acima ou abaixo desse patamar indicam onde se encontram os casos de maior variabilidade. Esse gráfico mostra que tem-se valores na mesma ordem de grandeza para os resultados de degradação dos andares de todas as amostras e assim, podem ser comparados.

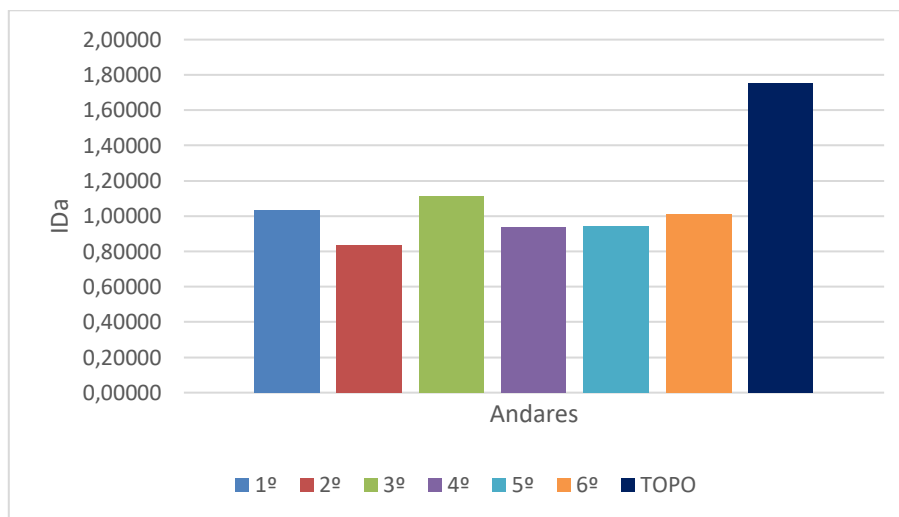
Observa-se que o topo possui a maior dispersão e os índices IDa mais altos. Em edifícios mais novos, a representatividade do topo chega a ser mais que 10 vezes maior que dos outros andares. Para os edifícios de 21 a 36 anos, há alguns picos para primeiro e terceiro andares. Para os edifícios acima de 36 anos, nota-se destaque para o topo e sexto andar. As medidas de dispersão de IDa para todos os andares são apresentadas na Tabela 29.

Tabela 29 - Medidas de dispersão do IDa para os andares

Andar	1º	2º	3º	4º	5º	6º	TOPO
Média	1,0325	0,8374	1,1121	0,9382	0,9409	1,0073	1,7543
Desvio Padrão	0,9669	0,6389	1,0159	0,9059	0,6748	0,8569	2,6953
Coef.variação	93,64	76,30	91,35	96,56	71,71	85,07	153,64

A Tabela 29 mostra a variação entre todos os resultados dos IDa de um mesmo andar, não compara a diferenciação entre os andares. Observa-se que o topo é o andar com maior variabilidade entre os dados de IDa. Tem-se o quinto e segundo andar com menores valores. O parâmetro IDa está normalizado, e possibilita a análise da variabilidade. A Figura 31 apresenta a média de todos resultados de IDa, independentemente de qualquer característica específica da amostra.

Figura 31 - Média dos resultados de IDa por andar



A tendência observada pela média mostra que se tem os andares 4, 5 e 6 visivelmente similares e com pouca variação; e que todos eles têm uma disparidade grande com o topo que apresenta média visivelmente maior. De forma em geral, para os dados médios, o grande destaque para os andares é o topo, que apresenta IDa bem superior aos demais, em alguns casos, chegando a mais que o dobro, mostrando que a variabilidade é alta. Os outros andares variam em menor ordem de grandeza entre eles, com o terceiro e primeiro andar apresentando-se com valores um pouco maiores. O segundo andar é aquele com IDa mais baixo.

Para estudo da variabilidade do IDa, a Análise da Variância é utilizada para os valores de IDa para todos os andares (7 grupos) e todas as 174 amostras utilizadas na pesquisa. A Tabela 30 apresenta os resultados obtidos com a ANOVA.

Tabela 30 - ANOVA do IDa para todos os andares

Variável analisada	Estatística de teste	p-valor
IDa (andares)	9,776415	1,53E-10

Por meio da análise da variância, verifica-se que há variabilidade da degradação entre os andares, confirmando o que foi observado no gráfico de médias. São realizadas análise por grupos de andares dois a dois com o teste t-student; e os resultados de p-valor para constatar entre quais andares há variação da degradação são apresentados na Tabela 31.

Tabela 31 - Resultados do teste T-student do índice IDa os agrupamentos de andares

Andares	Estatística de teste	P-valor
1 e 2	1,4380	0,2313
1 e 3	0,5610	0,0454
1 e 4	0,8819	0,3480
1 e 5	1,0497	0,0306
1 e 6	0,0664	0,7968
1 e Topo	11,0570	0,0010
2 e 3	9,1183	0,0027
2 e 4	1,4380	0,2313
2 e 5	2,1594	0,1426
2 e 6	4,3944	0,0368
2 e Topo	19,0665	0,0001
3 e 4	2,8421	0,0927
3 e 5	3,4292	0,0649
3 e 6	1,0835	0,2987
3 e Topo	8,6494	0,0035
4 e 5	0,0010	0,9744
4 e 6	0,5341	0,4654
4 e Topo	14,3354	0,0002
5 e 6	0,6438	0,4229
5 e Topo	14,9128	0,0001
6 e Topo	12,1409	0,0006

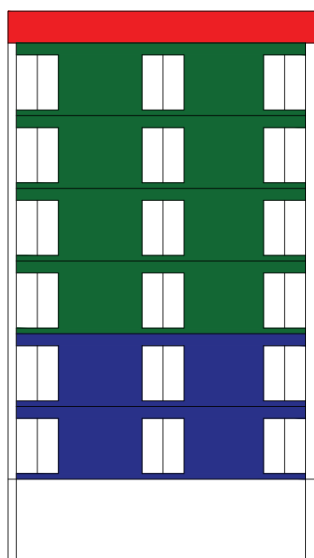
Os andares cujo p-valor são menores que 0.05 são aqueles que existe uma diferença estatística relevante acerca do índice IDa. Os dois andares, com maior diferenciação entre eles, são o segundo andar e o topo. A tabela indica que o comportamento da degradação no topo é diferente de todos os outros 6 andares. Em contrapartida, as tabelas cujo p-valor são maiores do que 0.05 indica que, para os andares em análise, não há uma diferença estatística relevante acerca do índice IDa. Na Tabela 32 são organizados os resultados das combinações entre os andares que apresentam ou não variabilidade.

Tabela 32 – Variabilidade do índice IDa para os andares. Legenda: As cores iguais indicam andares que não apresentam variabilidade entre andares.

1	2	3	4	5	6	topo
x1	y1	z1	t1	u1	v1	a1
x2	y2	z2	t2	u2	v2	a2
x3	y3	z3	t3	u3	v3	a3
.
.
.
x174	y174	z174	t174	u174	v174	a174

Por meio da análise dos resultados obtidos com ANOVA e com os testes t-student, é possível estimar um padrão para verificar aqueles andares que apresentam igualdade ou variação da degradação entre si. A Figura 32 ilustra essa tendência, onde observa-se a formação de três grupos com degradação sem variação: primeiro e segundo andar; do terceiro ao sexto andar; e topo isoladamente. Assim, a tendência observada é a divisão das fachadas em 3 grupos em relação aos andares: Inferior (andares 1 e 2), Intermediário (3, 4, 5 e 6) e Topo.

Figura 32 – Intervalos de andares com IDa's convergentes



4.4 Síntese dos resultados e discussões

Nesta seção, apresenta-se a síntese dos resultados obtidos a partir das análises quantitativas e estatísticas realizadas. O estudo investiga a variabilidade da degradação ao longo das fachadas com revestimento cerâmico. A análise se concentra nas variáveis investigadas que foram

definidas no início, com foco nos andares e nas regiões da fachada, enquanto uma das variáveis de controle é a idade dos edifícios.

A interrelação entre diferentes níveis de degradação, aspectos geométricos de posição e exposição das fachadas é abordado, buscando entender a distribuição da degradação. Os resultados podem contribuir tanto a nível de projeto e execução, como a nível de controle de patologias e manutenções.

4.4.1 Avaliação nas amostras em estudo

4.4.1.1 Fator de Danos (FD)

A partir da análise dos resultados do Fator de Danos por anomalia, observa-se que o descolamento é a mais incidente e de maior gravidade, estando presente na maioria das amostras e em todas as idades. Pesquisas já indicavam a representatividade do deslocamento frente as outras anomalias de revestimento cerâmico (BAUER et al., 2011; SOUZA et al., 2018c; BAUER; SOUZA, 2022).

As causas para a representatividade do descolamento cerâmico são diversas e pode englobar vários fatores: as fachadas de edifícios estão constantemente expostas às condições climáticas, como chuva, vento, variações de temperatura e umidade que podem causar a expansão e contração dos materiais de revestimento, levando ao descolamento. Os edifícios estão sujeitos a movimentos estruturais naturais devido a mudanças de carga, vento e até mesmo assentamento do solo. Esses movimentos podem causar tensões nas camadas de revestimento, resultando em descolamento. Inadequada preparação da superfície antes da instalação do revestimento cerâmico, como a aplicação incorreta de argamassa ou adesivo, aumentam as chances de descolamento. Utilização de materiais não apropriados ou de baixa qualidade podem resultar em descolamento precoce (ANTUNES, 2010; BAUER et al., 2011; VELOSA; AVEIRO, 2022).

4.4.1.2 Fator Geral de Degradação (FGD)

Observa-se que o comportamento da degradação é evolutivo e o FGD aumenta ao longo do tempo. Anselmo (2012) e Bauer e Castro (2015) afirmam que os danos apresentados em edifícios com idades jovens, se não tratados, podem evoluir para processos progressivos de degradação em idades mais avançadas. Observa-se o comportamento da degradação

caracterizada por uma curva convexa, cuja ação da degradação se inicia de forma lenta e, devido ao fato de esses fenômenos serem cumulativos e progressivos, o processo é acelerado atingindo um limite crítico nas maiores idades.

Pesquisas dividem o comportamento da evolução do processo de degradação em duas fases, iniciação e propagação. Esse modelo é proposto por (TUUTII, 1982), que estabeleceu a divisão do processo de corrosão nas armaduras do concreto armado nas duas fases, por serem bem marcadas. Mota (2021) e Bauer e Souza (2022) identificaram o mesmo comportamento para processo de degradação das fachadas, onde se tem a fase de iniciação com os primeiros sinais de danos e evolução mais lenta, e a fase de propagação, com agravamento dos danos na fachada e evolução é mais rápida.

A investigação da variabilidade é iniciada com a avaliação da dispersão entre os níveis de degradação, mensurados pelo índice FGD, das amostras de estudo. Os tipos de danos e as suas causas podem estar relacionados com a variabilidade mensuradas por índices de degradação (PEDROSO et al., 2020; CARRETERO-AYUSO et al., 2021a).

A análise dos resultados de FGD permite pontuar que é alta a variabilidade para as amostras em estudo, e esse comportamento é esperado pois os edifícios investigados apresentam características e fatores atuantes muito diferentes. Os fatores causadores da variabilidade podem estar relacionados a idade do edifício, orientação da fachada e graus de exposição aos agentes degradantes. Tem-se o fato também que um mesmo edifício apresenta mão-de-obra diferenciada, orientações cardeais distintas e diferentes elementos de arquitetura (SOUZA, 2016).

Os resultados apresentados na Tabela 33 mostram que há diferença entre amostras de diferentes faixas de idade, visto que a idade é o principal fator influenciador da degradação (GALBUSERA; DE BRITO; SILVA, 2014; SOUZA, 2019). Em suas pesquisas, Silva et al. (2016) e Bauer; De Souza; Piazzarollo (2020) já utilizam a idade em modelos de degradação e têm como produtos curvas, que mostram a evolução da deterioração com o tempo.

Tabela 33 – Síntese dos resultados de variabilidade para FGD

FGD por faixa de idade	
Faixas de idade	Há variabilidade?
1 e 2	Sim
1 e 3	Sim
2 e 3	Não

Com base nos resultados de FGD por faixa de idade, foi observada variabilidade nas respostas para as diferentes combinações de faixas etárias. Quando comparadas as faixas de idade 1 e 2, observou-se que existe variabilidade nas respostas de degradação, indicando diferenças significativas entre esses dois grupos. De forma semelhante, ao comparar as faixas de idade 1 e 3, também foi identificada variabilidade nas respostas, sugerindo que a degradação é distinta. No entanto, ao analisar as faixas de idade 2 e 3, não foi encontrada variabilidade significativa nas respostas, indicando uma maior similaridade na degradação dos grupos pertencentes a essas faixas.

A análise dos resultados em relação à degradação de fachadas com base nas diferentes faixas de idade dos edifícios ressalta a importância da consideração da variável temporal como um fator influente nas condições de deterioração. Pesquisas como as de Zanoni (2015), destacam como a exposição prolongada ao clima e a falta de manutenção adequada ao longo do tempo podem levar à deterioração das fachadas, especialmente em edifícios mais antigos.

Além disso, a literatura sobre conservação e manutenção de edifícios ressalta a importância da avaliação e do monitoramento contínuo da degradação ao longo dos anos. Autores enfatizam a necessidade de considerar a idade de um edifício ao planejar intervenções de restauração e conservação, uma vez que edifícios mais antigos podem apresentar problemas específicos de degradação (SILVA; BRITO; GASPAR, 2016; FERREIRA et al., 2021b).

A orientação cardinal também desempenha um papel fundamental na variabilidade da degradação de fachadas. As quatro direções cardinais - norte, sul, leste e oeste - exercem influências significativas sobre diversos processos naturais, como a exposição à radiação solar, padrões de vento e distribuição de chuvas. Esses fatores climáticos variam consideravelmente dependendo da direção e da localização geográfica, o que, por sua vez, impacta diretamente na degradação das fachadas (CARRETERO-AYUSO; MORENO-CANSADO; GARCÍA-SANZ-CALCEDO, 2019b). Portanto, compreender e considerar a orientação cardinal é essencial para a análise e gestão adequada da degradação das fachadas, fornecendo conhecimentos para a implementação de estratégias de conservação e recuperação.

Na análise da degradação por fachadas, utilizando o índice FGD, observa-se que com o aumento da idade, o coeficiente de variação diminui. Ou seja, o comportamento da variabilidade entre amostras em função da idade possui a tendência de ser mais alta no início da degradação e ir diminuindo com o decorrer do tempo. A dispersão entre as amostras de uma mesma fachada reduz ainda mais para edifícios com idades a partir de 41 anos. A variabilidade é alta nas

amostras de edifícios mais novos pois a degradação ainda é pontual e localizada, logo, observa-se anomalias em locais específicos. Com o passar do tempo, a degradação se torna mais generalizada e severa, se chega quando o nível grave é equitativo para todos os pontos da fachada, há uma distribuição por toda a fachada de modo que não tenha maiores variações (BAUER; DE SOUZA; PIAZZAROLLO, 2020).

4.4.1 Investigação da variabilidade nas regiões da fachada

Investigações como as realizadas por Castro et al. (2023) e Piazzarollo (2019) já abordam a segmentação de fachadas de acordo com a posição ou elementos construtivos presentes na mesma. Os resultados mostram que as zonas componentes da fachada se degradam de maneira distinta conforme orientação, tipo de elemento construtivo e idade.

A proposta do índice IDr normalizado se mostra efetivo e a comparação de seus resultados independentemente de idades é possível e representa bem a realidade da degradação nas regiões de fachadas de edifícios. A investigação nas regiões por meio do IDr mostra que não há variabilidade significativa da degradação entre as regiões central e extremidade da fachada.

A incidência de agentes climáticos ocorre em proporções diferentes na fachada. A chuva dirigida, em especial, não incide sobre uma fachada de forma uniforme, ela é mais alta nas extremidades (MELO JR; CARASEK, 2011; PETRUCCI, 2000; ZANONI, 2015). Por outro lado, a extremidade possui um lado livre de movimentação, permitindo a variação dimensional de algum dos componentes do sistema de revestimento cerâmico em casos de expansão térmica ou por umidade, ficando livre de alguns esforços. Assim, a exposição e a ação mais alta de agentes não são suficientes para gerar diferença da degradação entre as regiões. A explicação pode estar relacionada por questões de sobreposição de fatores atenuantes e agravantes para cada uma das duas regiões.

A análise desta pesquisa é realizada para uma amostragem da base de dados contendo 174 amostras de edifícios distintos, levando a essa conclusão de que não há diferença da degradação entre as regiões centrais e extremidades. Isso não indica que para casos isolados, analisando um edifício separadamente, não se possa encontrar alguma tendência diferente.

Na Tabela 34 são apresentados os resultados quantitativos da média dos IDr para as duas regiões e a para os grupos de idade.

Tabela 34 - Síntese dos resultados de IDr para os grupos de idade

IDr por grupo de idade		0 a 20	21 a 36	maiores que 36
Andares	+	Central	Extremidade	Central
	-	Extremidade	Central	Extremidade

Uma observação importante é que a região central da fachada apresenta uma média de IDr mais elevada em edifícios com idades entre 0 e 20 anos e em edifícios com mais de 36 anos. Esses resultados sugerem que, em determinados intervalos de idade, a região central pode estar mais suscetível à degradação em comparação com a extremidade da fachada.

A pesquisa possui menor quantidade de amostras localizadas na região extremidade. Assim, abordagens relacionando um maior número de amostras dessa região pode ser interessante para aprofundar os estudos, bem como, análises comparando as duas regiões de uma mesma fachada isoladamente.

4.4.2 Investigação da variabilidade nos andares da fachada

A investigação da degradação pode ser realizada em diferentes perspectivas. Piazzarollo (2019) estudou a degradação nas diferentes zonas das fachadas. Em seus modelos, a representatividade de cada zona não é a mesma para todas as idades, obtendo diferenças críticas para cada critério analisado. Em sua pesquisa, a zona “topo” aparece ao lado de “paredes contínuas” e “transição de pavimentos” como aquelas zonas de maior destaque, encaixando entre as mais críticas em quase todas as análises realizadas. Entretanto, não se consegue estabelecer uma zona mais crítica ou grave, uma vez que os resultados variam conforme a investigação analisada, seja por idade, por orientação ou por elemento construtivo.

Na presente pesquisa, foi constatado a variabilidade da degradação entre os andares, através dos resultados obtidos com ANOVA. A tendência observada permite dividir a fachada em três grupos de andares de fachada conforme a não ocorrência de variação entre eles. Os grupos formados são: Inferior composto pelos andares 1 e 2; Intermediário composto pelos andares 3, 4, 5 e 6 ; e o Topo, que fica sozinho pois varia em relação a todos os outros andares.

Os resultados quantitativos para o Índice de Degradação dos Andares (IDa) mostram que os andares que apresentaram maiores valores foram o topo e o terceiro andar, e aquele com valores

menores foi o segundo andar. O *ranking* na ordem decrescente de valores médios para o IDa de cada andar pode ser visto na Tabela 35.

Tabela 35 - Síntese dos resultados quantitativos da média do IDa para todas as amostras – Andares organizados em ordem decrescente de importância

IDa Geral		
Andares	+	topo
		3
	↓	1
		6
		5
	-	4
		2

A maior incidência de chuva é observada no topo dos edifícios, levando a variações térmicas mais altas, bem como se tornam áreas mais propensas a infiltrações de água, manchas, eflorescências e outras patologias (BAUER et al., 2015; SOUZA et al., 2016; CARRETERO-AYUSO; MORENO-CANSADO, 2021). Para o topo, há também deformações estruturais devido a incidência de radiação solar na cobertura. Essas posições também estão mais expostas à chuva torrencial, que, associada a falhas e desprendimentos de juntas, pode aumentar a evolução e a ocorrência de mais anomalias (BAUER; SOUZA, 2022).

Com base nas modelações realizadas por Andrade (2022) há fatores significantes que podem agir sobre as posições com diferentes intensidades e contribuir para essa variabilidade observada. Os índices ponderados que se mostram estatisticamente representativos na determinação da degradação e que também podem ser aplicados para estimativa de vida útil são os da chuva dirigida, teor de umidade, ciclos de umidificação e secagem e os esforços térmicos, associados a idade.

De modo geral, as anomalias despontam nos andares que apresentam maior exposição aos agentes. Avaliações similares associadas à inspeção, classificação, compreensão e diagnóstico de degradação que ocorrem em sistemas de revestimento cerâmico também são apresentadas por Silvestre (2005); Gaião; De Brito; Silvestre (2012); Magos et al. (2016). Portanto, os resultados corroboram a importância de considerar a altura e a exposição vertical ao avaliar a degradação das fachadas de edifícios, bem como para adotar estratégias de projeto, execução e manutenção.

Para discussão, são realizadas comparações entre os resultados de FGDa e IDa. Na Tabela 36 são apresentados os valores médios do FGDa e do IDa para cada andar.

Tabela 36 - Valores médios de FGDa e IDa para os andares

	1º	2º	3º	4º	5º	6º	TOPO
Média Geral FGDa	0.0701	0.0727	0.0847	0.0791	0.0777	0.0841	<u>0.0911</u>
Média Geral IDa	1.0325	0.8374	1.1121	0.9382	0.9409	1.0073	<u>1.7543</u>

Os resultados de IDa mostram que a degradação ocorre de forma diferenciada nos andares da fachada das edificações. O topo é aquele que apresenta o maior valor de IDa com grande expressividade. O FGDa médio também é maior no topo, porém, não se tem a mesma sequência de magnitude para IDa e FGDa. Os andares que apresentam o FGDa médio superior são aqueles que possuem a maior expressividade nas idades maiores, ou seja, os edifícios mais velhos acabam distorcendo a análise. Dessa forma, tem-se a importância do índice normalizado.

Na Tabela 37 são apresentados os valores da média após agrupamento de andares que não apresentam diferença significativa da degradação conforme o resultado obtido com a Análise da Variância.

Tabela 37 - Valores médios de FGDa e IDa para andares agrupados

	Inferior (andares 1 e 2)	Intermediário (andares 3, 4, 5 e 6)	Topo
Média Geral FGDa	0.0714	0.0814	<u>0.0911</u>
Média Geral IDa	0.9350	0.9996	<u>1.7543</u>

Quando analisados as médias para os andares agrupados, observa-se que a sequência de magnitude é a mesma para FGDa e IDa. A tendência observada é de crescimento dos índices com a altura na fachada. Os grupos mais altos da fachada são aqueles com maiores valores médios dos índices de degradação.

Os agentes de degradação podem afetar diferentes partes da fachada de um edifício de maneiras específicas, dependendo do tipo de agente de degradação e das condições locais. As partes mais baixas da fachada estão mais susceptíveis à poluição atmosférica como emissões de veículos e poeiras que pode causar acumulação de sujeira e manchas, bem como podem estar sujeitas a mais esforços estruturais relacionados com o peso próprio e carregamentos nas partes

superiores. Além disso, a possibilidade de impactos mecânicos é maior, que causam danos físicos as peças cerâmicas (CARRETERO-AYUSO et al., 2021a).

As conclusões obtidas podem auxiliar em pesquisas de modelação da degradação e previsão de vida útil. Os fatores que apresentaram variabilidade da degradação indicam que são significativos e podem ser utilizados nos modelos a serem elaborados. Nesse caso, os andares entrariam no modelo, porém, não seria possível colocar as regiões. Os resultados segmentados em diversas posições da fachada permitem maior detalhamento de planejamentos para inspeções, buscando locais mais críticos da fachada. É possível também adotar os três trechos de andares na elaboração de planos de manutenções.

A investigação também contribui para especificações de projetos e materiais. Para os casos que se tem variabilidade da degradação, tem-se também diferentes performances. Grande parte do desempenho inaceitável ou de casos de baixo desempenho ocorrem porque não se diferencia os materiais de uma região mais crítica (ou mais expostas aos agentes). Essa questão agora pode ser observada e levada em consideração para etapas de projetos e execução.

A investigação pode impactar a tomada de decisões no projeto, construção e manutenção de edifícios ao permitir a identificação de áreas de maior risco de degradação, servindo de recomendação para arquitetos, engenheiros ou profissionais da construção, bem como considerações para proprietários de edifícios ou órgãos reguladores.

5 CONCLUSÕES

A partir da pesquisa apresentada, as conclusões relevantes para o estudo da degradação de fachadas em revestimento cerâmico podem ser propostas. A partir de indicadores de degradação provenientes do Método de Mensuração da Degradação (MMD) foi possível mensurar a degradação nas amostras selecionadas para o estudo. Os resultados do Fator de Danos (FD) e (FGD) mostram grande dispersão da degradação entre as amostras. Essa variabilidade ocorre, pois, a degradação é um processo complexo influenciado por diferentes fatores. Entre eles, tem-se como fatores relevantes para a variabilidade, a idade, grau de exposição aos agentes, nível de projeto e nível de execução.

A variabilidade da degradação ocorre para níveis baixos, médios e altos de FGD. Nas abordagens de variabilidade, não se busca quantificar o nível de deterioração, mas sim a variação que ocorre entre eles. Constata-se através do desvio padrão e de altos coeficientes de variação que há a variabilidade dentro de mesmos grupos, sendo possível concluir que a variabilidade é uma característica inerente do fenômeno de degradação. A variabilidade nessa investigação é tipificada em algumas situações particulares, e se mostra mais relevante para os casos da verticalização (na análise entre andares).

Edifícios mais novos apresentam variabilidade em relação aos edifícios de idades intermediárias e mais velhos pois a degradação é um fenômeno que aumenta ao longo do tempo. Por meio da análise do FGD para cada fachada estudada, conclui-se que a variabilidade é mais alta para edifícios novos, com baixo nível de degradação. Essa dispersão tende a diminuir com o aumento da idade e dos níveis de degradação dos edifícios.

Após quantificação da degradação das amostras e sua segmentação entre região central e extremidade concluiu-se que o índice IDr é eficaz para a análise da variabilidade entre edifícios de diferentes idades. Foi observado que as diferenças de esforços e exposições aos agentes não se mostram suficientes para identificar que existe variabilidade entre as duas regiões da fachada. Ou seja, posições relacionadas na horizontalidade da fachada não são relevantes para a ocorrência da variabilidade da degradação.

O índice FGDa, proposto para a quantificação da degradação nos andares da fachada, pode ser utilizado para essa finalidade. Ele possibilita a análise segmentada da degradação nas posições da fachada em relação a sua verticalidade, definidas nessa dissertação como andares da fachada. O topo é o andar que apresenta os maiores valores para os indicadores de degradação,

independente da orientação ou idade, ou seja, é a área mais degradada. A criticidade da degradação no topo pode estar relacionada com a maior incidência de agentes de degradação ambientais como chuva dirigida e radiação solar nessas áreas. Além disso, é uma zona de mudança de direção, com cantos vivos e concentração de tensões, e ainda recebe ação dos agentes em duas posições, em cima e de forma frontal.

Os resultados obtidos para o índice IDa associado ao uso de ferramentas estatísticas permitem concluir que o comportamento da degradação ocorre de forma diferente nos andares que compõem a fachada. O topo se apresenta como o andar mais relevante para a variabilidade da degradação, apresentando variação em relação a todos os outros andares. Os resultados também indicam que, para os andares mais centrais da fachada, entre o terceiro e o sexto, não há variabilidade da degradação entre eles. O padrão encontrado para a semelhança da degradação nos andares permite dividir a fachada dos edifícios em três grupos de andares: Inferior, formado pelos andares 1 e 2; Intermediário, composto pelos andares 3, 4, 5 e 6; e por fim, o Topo.

A pesquisa investiga o comportamento quanto a variabilidade da degradação em fachadas de edifícios com revestimento cerâmico aderido, utilizando ferramentas estatísticas pertinentes. Os padrões da degradação observados em relação às posições da fachada levam a concluir que há variação da degradação entre os andares da fachada, que o Topo é o andar mais propenso a degradação e merece maior atenção, e que não foi constatada variabilidade entre as regiões central e extremidade. Os resultados encontrados podem ser aplicados para orientações e tomadas de decisões a níveis de projeto, execução, inspeções e manutenções, bem como para estudos de modelação e vida útil,

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

- Utilizar a simulação higrotérmica para relacionar a intensidade da ação dos agentes de degradação com a sua variabilidade;
- Modelação da degradação e previsão da vida útil de fachadas, considerando as variáveis relacionadas com a posição;
- Estudo da variabilidade da degradação considerando os diversos aspectos de projeto, execução e características dos materiais utilizados e para os diferentes tipos de revestimentos;
- Investigação da variabilidade da degradação utilizando outra base dados, para outra cidade, região ou país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 13755, 2017 - Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante - Projeto, execução, inspeção e aceitação - Procedimento. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, 2017.

ABNT. Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, v. 5ª edição, p. 110, 2021a.

ABNT. NBR 15575-1: Edificações Habitacionais - Desempenho. Parte I: Requisitos gerais. **Associação Brasileira de Normas técnicas**, 2021b.

ALMEIDA, M. et al. A new tilted strips external thermal insulation composite system (TiS-ETICS): Description and performance assessment through thermal and energy simulation for a residential building. **Journal of Building Engineering**, v. 38, n. October 2020, 2021.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM E632-82-Standard Practise for Developing Accelerated Tests to Aid Prediction of the Service Life of Building. **ASTM**, 1996.

AMORIM, C. N. D. et al. Reabilitação ambiental e uso da luz natural na arquitetura moderna: Brasília Palace Hotel e Palácio do Itamaraty. **Paranoá**, v. 3, p. 115–128, 2007.

ANDRADE, D. T. DE. **Modelação da degradação de fachadas a partir de parâmetros obtidos da simulação higrotérmica para os edifícios de Brasília**. [s.l.] Universidade de Brasília, 2022.

ANTUNES, G. R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília: sistematização da incidência de casos**. [s.l.] Universidade de Brasília, 2010.

BAUER, E. et al. Identification and Quantification of Failure Modes of New Buildings Façades in Brasília. **XII DBMC - International Conference on Durability of Building Materials and Components**, n. February, p. 1–7, 2011.

BAUER, E. et al. **Perfis de degradação de fachadas de edifícios em Brasília-Brasil**. XIII Congresso Latino-Americano de Patologia da Construção. **Anais...**2015.

BAUER, E. et al. Relative importance of pathologies in the severity of facade degradation. **Journal of Building Pathology and Rehabilitation**, v. 5, n. 1, p. 1–10, 2020.

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, n. 358, p. 151–159, 2015.

BAUER, E.; DE SOUZA, J. S.; PIAZZAROLLO, C. B. Application of the degradation measurement method in the study of facade service life. **Building Pathology and Rehabilitation**, v. 12, p. 105–119, 2020.

BAUER, E.; SOUZA, A. L. R. Failure patterns associated with facade zones and anomalies in the initiation and propagation of degradation. **Construction and Building Materials**, v. 347, n. June, p. 128563, 2022.

BAUER, E.; SOUZA, J. S.; MOTA, L. M. G. Degradação de fachadas revestidas em argamassas nos edifícios de Brasília, Brasil. **Ambiente Construído**, v. 21, n. 4, p. 23–43, 2021.

BAUER, E.; SOUZA, J. S.; PIAZZAROLLO, C. B. Application of the Degradation Measurement Method in the Study of Facade Service Life. In: DELGADO, J. M. P. Q. (Ed.). . **Building Pathology, Durability and Service Life**. 12. ed. [s.l.] Springer International Publishing, 2020. p. 105–119.

BEZERRA, M.; MADSEN, M.; DE MELLO, M. Mobility on Modern Urbanism: A study of Brasilia's Plano Piloto. **Procedia Environmental Sciences**, v. 37, p. 294–305, 2017.

BORDALO, R. et al. Service life prediction modelling of adhesive ceramic tiling systems. **Building Research and Information**, v. 39, n. 1, p. 66–78, 2011.

BORDIN, M. F.; LANTELME, E. M. V.; COSTELLA, M. F. A especificação do desempenho e vida útil dos sistemas de pintura externa de acordo com a norma brasileira de desempenho - NBR 15575. **Ambiente Construído**, v. 21, n. 4, p. 125–142, 2021.

BRASIL, G.; ZANONI, V. **Mapa de danos de edifícios modernos: Proposta para representação gráfica do estado de conservação de fachadas em concreto aparente**. IIV International Conference on Building Pathology and Constructions Repair. **Anais...**2018.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. BS ISO 15686-8: Buildings and constructed assets - Service life planning. Part 8: Reference service life and service life estimation. . 2008.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. BS ISO 15686-1: Buildings and constructed assets - Service life planning. Part 1: General principles and framework. **BSI**, 2011.

BRITO, J. DE; GL, M. Special Issue “Building Thermal Envelope”. 2020.

BROEK, D. **The Practical Use of Fracture Mechanics**. Kluwer Academic Publishers, 1989.

CALLISTER, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais - Uma introdução**. 9. ed. LTC, 2016.

CARRETERO-AYUSO, M. J. et al. Interrelations between the types of damages and their original causes in the envelope of buildings. **Journal of Building Engineering**, v. 39, n. August 2020, 2021a.

CARRETERO-AYUSO, M. J. et al. Failure modes in electricity and telecommunication facilities in dwellings in Spain. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 11, n. 11, 2021b.

CARRETERO-AYUSO, M. J.; MORENO-CANSADO, A. Evolution of Prevalence of Construction Anomalies in Roofing Elements through Incident Reports. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 35, n. 1, p. 1–12, 2021.

CARRETERO-AYUSO, M. J.; MORENO-CANSADO, A.; GARCÍA-SANZ-CALCEDO, J. Anomalies in External Construction Elements in Spain according to Cause-Damage Relationship. **Journal of Infrastructure Systems**, v. 25, n. 3, p. 1–7, 2019a.

CARRETERO-AYUSO, M. J.; MORENO-CANSADO, A.; GARCÍA-SANZ-CALCEDO, J. Influence of climate conditions on deficiencies of building roofs. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 9, n. 7, 2019b.

CASTRO, W. et al. Mapping the Risk of Occurrence of Defects in Façades with Ceramic Claddings. 2023.

CHAI, C. et al. Statistical modelling of the service life prediction of painted surfaces. **International Journal of Strategic Property Management**, v. 19, n. 2, p. 173–185, 2015.

CHINGS, F. D. K. **Técnicas de Construção Ilustradas**. 5^a ed. Bookman, 2016.

COIAS, V. **Inspeções e ensaios na reabilitação de edifícios**. 2^a ed.

COLEN, I. DOS S. F. B. Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva. p. 541, 2009.

COSTA, M. S. **Identificação de danos em fachadas de edificações por meio de imagens panorâmicas geradas por plataforma robótica fotográfica.** Universidade de Brasília, 2014.

DE ANDRADE, D. T.; BAUER, E.; SOUZA, J. Hygrothermal Simulation Applied to Degradation Modeling of Ceramic Facades. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 37, n. 1, p. 1–13, 2023.

DIAS, I. S.; FLORES-COLEN, I.; SILVA, A. Critical analysis about emerging technologies for building's façade inspection. **Buildings**, v. 11, 2021.

FERREIRA, C. et al. Stochastic Petri-net models to predict the degradation of ceramic claddings. **Building Research and Information**, v. 47, n. 6, p. 697–715, 2019.

FERREIRA, C. et al. The impact of imperfect maintenance actions on the degradation of buildings' envelope components. **Journal of Building Engineering**, v. 33, n. February 2020, p. 101571, 2021a.

FERREIRA, C. et al. Impact of environmental exposure conditions on the maintenance of facades' claddings. **Buildings**, v. 11, n. 4, p. 1–31, 2021b.

FRANÇA, F.; HOLANDA, F. Indiscipline which transforms architecture appropriations of domestic space in the Federal District. **International Space Syntax Symposium**, p. 1–14, 2009.

GAIÃO, C.; DE BRITO, J.; SILVESTRE, J. D. Tabiques de yeso laminado: Inspección, caracterización patológica y estudio estadístico mediante un sistema experto. **Materiales de Construccion**, v. 62, n. 306, p. 285–297, 2012.

GALBUSERA, M. M. Application of the Factor Method To the Prediction of the Service Life of Ceramic. n. April, 2013.

GALBUSERA, M. M.; DE BRITO, J.; SILVA, A. The importance of the quality of sampling in service life prediction. **Construction and Building Materials**, v. 66, p. 19–29, 2014.

GALBUSERA, M. M.; DE BRITO, J.; SILVA, A. Application of the Factor Method to the Prediction of the Service Life of Ceramic External Wall Cladding. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 29, n. 3, p. 04014086, 2015a.

GALBUSERA, M. M.; DE BRITO, J.; SILVA, A. Application of the Factor Method to the Prediction of the Service Life of Ceramic External Wall Cladding. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 29, n. 3, p. 1–10, 2015b.

GALVÃO, J. et al. Variability of in-situ testing on rendered walls in natural ageing conditions – Rebound hammer and ultrasound techniques. **Construction and Building Materials**, v. 170, p. 167–181, 2018.

GASPAR, P. L. End of the Service Life of Ceramic Cladding: Lessons from the Girasol Building in Madrid. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 31, n. 2, p. 04016088, 2017.

GASPAR, P. L.; BRITO, J. DE. Quantifying environmental effects on cement-rendered facades: A comparison between different degradation indicators. **Building and Environment**, v. 43, n. 11, p. 1818–1828, 2008.

GASPAR, P. L.; DE BRITO, J. Service life estimation of cement-rendered facades. **Building Research and Information**, v. 36, n. 1, p. 44–55, 2008.

HAAGENRUD, S. Factors Causing Degradation: Part II. In: **Guide and Bibliography to Service Life and Durability**. 295. ed. [s.l.] Research for Buildings and Components - CIB, 2004. p. 104.

HOVDE, P. Factor methods for service life prediction. In: **CIB W080/RILEM 175: Service Life Methodologies Prediction of Service Life for Buildings and Components**. Trondheim, Norway: [s.n.]. p. 1–51.

LIMA, A. S.; MENDONÇA, B. C. Patologias de edificação encontradas no Hospital Federal do Andaraí. **Congresso Internacional de Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios (CIRMARE)**, v. 5, 2020.

LODETTI, L.; ANTUNES, E. G. . **Análise da influencia da espessura das juntas de assentamento na resistencia de aderencia do sistema de revestimento ceramico de fachada**. [s.l.] Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, 2018.

MAGOS, M. et al. Application of the factor method to the prediction of the service life of external paint finishes on facade. **Materials and Structures**, v. 49, p. 5209–5225, 2016.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 6^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

MOTA, L. M. G. **Estudo da iniciação e da propagação da degradação de fachadas com revestimento em argamassa**. [s.l.] Universidade de Brasília, 2021.

MOURA, A. C. et al. Parametric modelling of urban landscape: Decoding the Brasilia of Lúcio Costa from modernism to present days. **Journal of Land Use, Mobility and Environment**, v. 1, p. 695–708, 2014.

NASCIMENTO, M. L. M. **Aplicação da Simulação Higrotérmica na Investigação da Degradação de Fachadas de Edifícios**. [s.l.] Universidade de Brasília, 2016.

NASTRI, S. **Expansão por umidade de revestimentos ceramicos: método de medida e variáveis envolvidas**. [s.l.] Universidade Federal de São Carlos, 2015.

NEVES, R. et al. Statistical modelling of the resistance to chloride penetration in concrete with recycled aggregates. **Construction and Building Materials**, v. 182, p. 550–560, 2018.

ORCESI, A. et al. Investigating the Effects of Climate Change on Material Properties and Structural Performance. **Structural Engineering International**, v. 32, n. 4, p. 577–588, 2022.

PEDROSO, M. et al. Characterisation of a multilayer external wall thermal insulation system. Application in a Mediterranean climate. **Journal of Building Engineering**, v. 30, n. February, 2020.

PEREIRA, C. et al. Atlas of defects within a global building inspection system. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 10, n. 17, 2020a.

PEREIRA, C. et al. Urgency of repair of building elements: Prediction and influencing factors in façade renders. **Construction and Building Materials**, v. 249, p. 118743, 2020b.

PIAZZAROLLO, C. B. Estudo da evolução e da gravidade da degradação nas diferentes zonas componentes da fachada. p. 152, 2019.

RESENDE, M. M. et al. Infrared thermal imaging to inspect pathologies on façades of historical buildings: A case study on the Municipal Market of São Paulo, Brazil. **Case Studies in Construction Materials**, v. 16, n. January, p. e01122, 2022.

RODRIGUES, A. **Análise estatística na avaliação de teste de degradação acelerada de conjuntos cerâmicos em fachadas.** [s.l.] Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2015.

RODRIGUES NETO, E.; BAUER, E. Diferenciação da degradação ao longo das fachadas de edifícios. **Patrimônio 4.0**, n. April, p. 188–199, 2022a.

RODRIGUES NETO, E.; BAUER, E. Buildings Investigation of Degradation Variability in Brasília Brazil City. **Rehabend**, n. January, p. 682–689, 2022b.

SANTOS, D. G. Estudo Da Vida Útil E Degradação De Fachadas Em Argamassa a Partir Da Inspeção De Edifícios Danilo Gonçalves Dos Santos Dissertação De Mestrado Em Estruturas E Construção Civil Departamento De Engenharia Civil E Ambiental Faculdade De Tecnologia Universid. p. 136, 2018.

SANTOS, D. G. et al. **Mensuração e distribuição de patologias na degradação em argamassa.** Patorred 2018. **Anais...2018.**

SANTOS, M. J. B. O. **Catálogo de patologias em fachadas de edifícios residenciais de Brasília.** [s.l.] Universidade de Brasília, 2017.

SHOHET, I. M. et al. Deterioration patterns for maintenance management - a methodological approach. **Durability of Building Materials and Components**, v. 2, 1999.

SHOHET, I. M.; PACIUK, M. Service life prediction of exterior cladding components under failure conditions. **Construction Management and Economics**, v. 24, n. 2, p. 131–148, 2006.

SILVA, A. et al. Service life prediction models for exterior stone cladding. **Building Research and Information**, v. 39, n. 6, p. 637–653, 2011.

SILVA, A. et al. Statistical models applied to service life prediction of rendered façades. **Automation in Construction**, v. 30, p. 151–160, 2013.

SILVA, A. et al. Probabilistic transition of condition: Render facades. **Building Research and Information**, v. 44, n. 3, p. 301–318, 2016.

SILVA, A.; BRITO, J.; GASPAR, P. L. **Methodologies for service life prediction of buildings: with a focus on façade claddings.** [s.l.: s.n.].

SILVA, A.; DE BRITO, J.; GASPAR, P. L. Application of the factor method to maintenance decision support for stone cladding. **Automation in Construction**, v. 22, p. 165–174, 2012.

SILVA, M. DE N. B. DA. **Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada - aplicação ao caso de Brasília/DF.** [s.l.] Universidade de Brasília, 2014a.

SILVA, M. DE N. B. **Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada - Aplicação ao caso de Brasília/DF.** [s.l.] Universidade de Brasília, 2014b.

SILVESTRE, J. D. **Sistema de apoio à inspeção e diagnóstico de anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes.** [s.l.] Universidade Técnica de Lisboa, 2005.

SILVESTRE, J. D.; DE BRITO, J. Ceramic tiling inspection system. **Construction and Building Materials**, v. 23, n. 2, p. 653–668, 2009.

SILVESTRE, J. D.; SILVA, A.; DE BRITO, J. Uncertainty modelling of service life and environmental performance to reduce risk in building design decisions. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 21, n. 3, p. 308–322, 2015.

SILVESTRE, J.; DE BRITO, J. Análisis estadístico de los defectos de juntas cerámicas Statistical analysis of defects of tiles´jointstiles´joints. **Materiales de Construcción**, v. 57, p. 85–92, 2007.

SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. . **Statistical Methods.**Iowa State University Press, 1989.

SOUSA, V.; MEIRELES, I.; SILVA, A. Optimizing Service Life Prediction Models of External Paint Finishes. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 34, n. 2, p. 04020014, 2020.

SOUZA, A. L. R. DE et al. Classification of Building Facades By Means of the Level of Protection Criteria. **Rehabend**, n. January, p. 643–654, 2022.

SOUZA, J. et al. Service life prediction of ceramic tiling systems in Brasília-Brazil using the factor method. **Construction and Building Materials**, v. 192, p. 38–49, 2018a.

SOUZA, J. et al. Analysis of the influencing factors of external wall ceramic claddings' service life using regression techniques. **Engineering Failure Analysis**, v. 83, p. 141–155, 2018b.

SOUZA, J. et al. 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, n. April, p. 1–13, 2018c.

SOUZA, J. et al. Evaluation of the Deterioration of Ceramic Claddings by Application of Artificial Neural Networks. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 34, n. 5, p. 04020084, 2020.

SOUZA, J.; BAUER, E. Perfil da degradação para a envoltória dos edifícios – Estudo das regiões da fachada Degradation pattern for the envelope of buildings - Study of region ' s facade. n. Mmd, p. 1–11, 2016.

SOUZA, J. S. et al. Study of damage distribution and intensity in regions of the facade. **Journal of Building Pathology and Rehabilitation**, v. 1, n. 3, 2016.

SOUZA, J. S. **Evolução da degradação de fachadas - Efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes**. [s.l.] Universidade de Brasília, 2016.

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

SOUZA, J. S.; BAUER, E. **Estado limite de degradação de fachadas revestidas em cerâmicas**. V Congresso Internacional na “Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios”. **Anais...2020**.

TABATABAEI, S. S.; FAYAZ, R. The effect of facade materials and coatings on urban heat island mitigation and outdoor thermal comfort in hot semi-arid climate. **Building and Environment**, v. 243, n. May, p. 110701, 2023.

TUUTII, K. Corrosion of steel in concrete. **Swedish Cement and Concrete Research Institute**, 1982.

VAZ, F. H. B.; CARASEK, H. Resistencia de aderencia de revestimento de argamassa - contribuição por meio de mapeamento e revisão sistemática de literatura para futuras pesquisas no tema. **Ceramica**, v. 65, p. 303–318, 2019.

VELOSA, A. N. A.; AVEIRO, U. DE. Caso experimental de intervenção de uma fachada de azulejos – Aveiro , Portugal Case study of a tile facade intervention – Aveiro , Portugal. v. 41, p. 117–130, 2022.

W080, C. The Factor Method as a General Framework for Service Life Prediction - Past and Future Trends. 2021.

YIU, C. Y.; HO, D. C. W.; LO, S. M. Weathering effects on external wall tiling systems. **Construction and Building Materials**, v. 21, n. 3, p. 594–600, 2007.

ZANONI, V. A. G. Influência dos agentes climáticos de degradação no comportamento higrotérmico de fachadas em Brasília. p. 293, 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE A – APRESENTAÇÃO DOS EDIFÍCIOS UTILIZADOS NA DISSERTAÇÃO

ID do edifício	Bairro	Número de andares	Inspeção	Idade	Mapeamento	Fotos
2	Asa Norte	6	2007	9	Sim	Sim
4	Asa Norte	6	2008	5	Não	Sim
5	Asa Norte	6	2010	8	Não	Sim
6	Asa Norte	6	2006	32	Não	Sim
7	Asa Norte	6	2010	10	Sim	Não
8	Asa Sul	6	2006	48	Não	Sim
9	Asa Sul	6	2006	36	Não	Sim
10	Sudoeste	6	2009	10	Sim	Sim
11	Sudoeste	6	2007	17	Sim	Sim
23	Asa Norte	6	2017	10	Sim	Sim
24	Asa Norte	6	2017	40	Sim	Sim
25	Asa Norte	6	2017	11	Sim	Sim
28	Asa Sul	6	2017	43	Sim	Sim
29	Asa Norte	6	2018	38	Sim	Sim
30	Asa Norte	6	2018	38	Sim	Sim
31	Asa Norte	6	2018	43	Sim	Sim
32	Asa Norte	6	2018	41	Sim	Sim
33	Asa Norte	6	2018	35	Sim	Sim
34	Asa Norte	6	2018	35	Sim	Sim
35	Asa Norte	6	2018	35	Sim	Sim
36	Asa Norte	6	2018	24	Sim	Sim
37	Asa Norte	6	2018	41	Sim	Sim
38	Asa Norte	6	2018	27	Sim	Sim
39	Asa Norte	6	2018	38	Sim	Sim
40	Asa Norte	6	2018	38	Sim	Sim
41	Asa Norte	6	2018	28	Sim	Sim
42	Asa Norte	6	2018	38	Sim	Sim
43	Asa Norte	6	2018	27	Sim	Sim
44	Asa Norte	6	2018	27	Sim	Sim
45	Asa Norte	6	2018	43	Sim	Sim
46	Asa Norte	6	2018	43	Sim	Sim

APÊNDICE B – AMOSTRAGEM

Amostra	ID (edifício)	Idade	N. de andares	Elemento Construtivo	Orientação	REGIÃO	Área (m ²)
A2.1	2	9	6	Empena	Leste	Central	214,75
A2.2	2	9	6	Empena	Oeste	Extremidade	211,50
A2.3	2	9	6	Fachada	Norte	Central	358,25
A2.4	2	9	6	Fachada	Norte	Central	301,25
A2.5	2	9	6	Fachada	Norte	Central	307,00
A2.6	2	9	6	Fachada	Norte	Central	303,50
A2.7	2	9	6	Fachada	Norte	Extremidade	245,75
A2.8	2	9	6	Fachada	Sul	Extremidade	236,50
A2.9	2	9	6	Fachada	Sul	Central	309,75
A2.10	2	9	6	Fachada	Sul	Central	307,25
A2.11	2	9	6	Fachada	Sul	Central	308,50
A2.12	2	9	6	Fachada	Sul	Central	306,00
A2.13	2	9	6	Fachada	Sul	Extremidade	240,00
A4.1	4	5	6	Empena	Sul	Central	105,50
A4.2	4	5	6	Empena	Norte	Central	115,00
A4.3	4	5	6	Fachada	Leste	Extremidade	250,00
A4.4	4	5	6	Fachada	Leste	Central	327,75
A4.5	4	5	6	Fachada	Leste	Central	321,50
A4.6	4	5	6	Fachada	Leste	Extremidade	280,00
A4.7	4	5	6	Fachada	Oeste	Extremidade	257,50
A4.8	4	5	6	Fachada	Oeste	Central	296,75
A4.9	4	5	6	Fachada	Oeste	Central	305,25
A5.1	5	8	6	Empena	Leste	Central	157,50
A5.2	5	8	6	Empena	Leste	Extremidade	78,75
A5.3	5	8	6	Fachada	Norte	Extremidade	135,00
A5.4	5	8	6	Fachada	Norte	Central	254,50
A5.5	5	8	6	Fachada	Norte	Central	131,25
A5.6	5	8	6	Fachada	Norte	Extremidade	132,00
A5.7	5	8	6	Empena	Oeste	Extremidade	140,25
A5.8	5	8	6	Empena	Oeste	Extremidade	74,25
A5.9	5	8	6	Fachada	Sul	Central	111,00
A5.10	5	8	6	Fachada	Sul	Central	236,50
A6.1	6	32	6	Fachada	Sul	Extremidade	52,50
A6.2	6	32	6	Caixa de escada	Sul	Central	34,50
A6.3	6	32	6	Fachada	Sul	Central	52,50
A6.4	6	32	6	Fachada	Sul	Central	96,25
A6.5	6	32	6	Fachada	Sul	Central	96,25
A6.6	6	32	6	Caixa de escada	Sul	Central	37,00
A6.7	6	32	6	Fachada	Sul	Central	52,50
A6.8	6	32	6	Fachada	Sul	Central	148,75

Amostra	ID (edifício)	Idade	N. de andares	Elemento Construtivo	Orientação	REGIÃO	Área (m²)
A6.9	6	32	6	Fachada	Sul	Central	99,00
A6.10	6	32	6	Fachada	Sul	Central	105,00
A6.11	6	32	6	Caixa de escada	Sul	Central	36,50
A6.12	6	32	6	Fachada	Sul	Extremidade	52,50
A6.14	6	32	6	Fachada	Norte	Central	61,25
A6.15	6	32	6	Fachada	Norte	Central	150,25
A6.17	6	32	6	Fachada	Norte	Central	52,50
A6.18	6	32	6	Fachada	Norte	Central	156,00
A6.19	6	32	6	Fachada	Norte	Central	157,50
A6.21	6	32	6	Fachada	Norte	Extremidade	163,75
A6.22	6	32	6	Empena	Oeste	Central	166,25
A6.23	6	32	6	Empena	Leste	Central	188,50
A7.2	7	10	6	Empena	Sul	Central	327,00
A7.3	7	10	6	Fachada	Leste	Extremidade	137,00
A7.4	7	10	6	Fachada	Leste	Central	137,00
A7.6	7	10	6	Fachada	Oeste	Extremidade	204,00
A7.7	7	10	6	Fachada	Oeste	Central	119,00
A7.8	7	10	6	Fachada	Oeste	Extremidade	202,00
A8.1	8	48	6	Empena	Oeste	Central	270,00
A8.2	8	48	6	Empena	Leste	Central	270,00
A8.3	8	48	6	Caixa de escada	Oeste	Central	80,00
A8.4	8	48	6	Caixa de escada	Sul	Central	150,00
A8.5	8	48	6	Caixa de escada	Norte	Extremidade	50,00
A9.1	9	36	6	Fachada	Norte	Extremidade	135,75
A9.2	9	36	6	Caixa de escada	Norte	Central	73,50
A9.3	9	36	6	Caixa de escada	Norte	Central	94,50
A9.5	9	36	6	Fachada	Norte	Central	136,50
A9.7	9	36	6	Caixa de escada	Norte	Central	73,50
A9.8	9	36	6	Caixa de escada	Norte	Central	94,50
A9.9	9	36	6	Caixa de escada	Norte	Central	73,50
A9.10	9	36	6	Fachada	Norte	Central	136,50
A9.11	9	36	6	Fachada	Norte	Central	136,50
A9.12	9	36	6	Caixa de escada	Norte	Central	73,50
A9.13	9	36	6	Caixa de escada	Norte	Central	94,50

Amostra	ID (edifício)	Idade	N. de andares	Elemento Construtivo	Orientação	REGIÃO	Área (m²)
A9.14	9	36	6	Caixa de escada	Norte	Central	73,50
A9.15	9	36	6	Fachada	Norte	Central	136,50
A9.16	9	36	6	Fachada	Norte	Central	136,50
A9.17	9	36	6	Caixa de escada	Norte	Central	73,50
A9.18	9	36	6	Caixa de escada	Norte	Central	94,50
A9.20	9	36	6	Fachada	Norte	Extremidade	136,50
A9.21	9	36	6	Fachada	Sul	Extremidade	228,00
A9.22	9	36	6	Fachada	Sul	Central	228,00
A9.23	9	36	6	Fachada	Sul	Central	228,00
A9.24	9	36	6	Fachada	Sul	Central	228,00
A9.25	9	36	6	Fachada	Sul	Central	228,00
A9.26	9	36	6	Fachada	Sul	Central	228,00
A9.27	9	36	6	Fachada	Sul	Central	228,00
A9.28	9	36	6	Fachada	Sul	Extremidade	224,50
A9.29	9	36	6	Empena	Leste	Extremidade	258,50
A10.1	10	10	6	Fachada	Norte	Central	319,50
A10.2	10	10	6	Fachada	Norte	Central	145,50
A10.3	10	10	6	Fachada	Norte	Central	321,50
A10.4	10	10	6	Fachada	Norte	Central	139,50
A10.5	10	10	6	Fachada	Norte	Central	320,00
A10.6	10	10	6	Fachada	Norte	Central	148,50
A10.7	10	10	6	Fachada	Norte	Extremidade	323,50
A10.8	10	10	6	Empena	Oeste	Central	263,00
A10.9	10	10	6	Empena	Leste	Central	267,00
A10.10	10	10	6	Fachada	Sul	Extremidade	319,00
A10.11	10	10	6	Fachada	Sul	Central	321,50
A10.12	10	10	6	Fachada	Sul	Central	323,00
A10.13	10	10	6	Fachada	Sul	Extremidade	321,75
A11.1	11	17	6	Fachada	Sul	Extremidade	160,00
A11.3	11	17	6	Fachada	Sul	Central	65,75
A28.2	28	43	6	Fachada	Leste	Central	223,50
A28.3	28	43	6	Fachada	Leste	Extremidade	223,50
A28.4	28	43	6	Empena	Sul	Central	259,50
A28.6	28	43	6	Caixa de escada	Sul	Central	163,50
A28.7	28	43	6	Caixa de escada	Oeste	Central	132,00
A28.8	28	43	6	Caixa de escada	Norte	Central	66,00
A28.9	28	43	6	Fachada	Oeste	Central	66,00
A28.10	28	43	6	Fachada	Oeste	Central	146,75

Amostra	ID (edifício)	Idade	N. de andares	Elemento Construtivo	Orientação	REGIÃO	Área (m²)
A28.11	28	43	6	Caixa de escada	Sul	Central	163,50
A28.12	28	43	6	Caixa de escada	Oeste	Central	132,00
A28.13	28	43	6	Caixa de escada	Norte	Central	66,00
A28.14	28	43	6	Fachada	Oeste	Central	66,00
A28.15	28	43	6	Fachada	Oeste	Central	146,75
A28.16	28	43	6	Caixa de escada	Sul	Central	142,50
A28.17	28	43	6	Caixa de escada	Oeste	Central	132,00
A28.18	28	43	6	Caixa de escada	Norte	Central	66,00
A28.19	28	43	6	Fachada	Oeste	Extremidade	66,00
A28.20	28	43	6	Empena	Norte	Central	146,75
A29.1	29	38	6	Empena	Norte	Central	225,00
A29.2	29	38	6	Caixa de escada	Leste	Central	135,50
A29.3	29	38	6	Caixa de escada	Sul	Central	88,00
A29.4	29	38	6	Fachada	Leste	Central	177,75
A29.5	29	38	6	Fachada	Oeste	Extremidade	114,75
A30.1	30	38	6	Fachada	Leste	Extremidade	89,25
A30.2	30	38	6	Empena	Norte	Central	219,75
A30.3	30	38	6	Caixa de escada	Oeste	Central	158,00
A30.4	30	38	6	Fachada	Oeste	Central	165,75
A30.5	30	38	6	Fachada	Oeste	Extremidade	161,25
A31.1	31	43	6	Caixa de escada	Sul	Central	38,00
A32.1	32	41	6	Fachada	Norte	Extremidade	40,50
A32.2	32	41	6	Caixa de escada	Norte	Central	88,00
A32.3	32	41	6	Fachada	Sul	Central	81,00
A36.2	36	24	6	Caixa de escada	Leste	Central	138,00
A36.3	36	24	6	Fachada	Leste	Central	260,00
A36.5	36	24	6	Fachada	Leste	Central	260,00
A36.6	36	24	6	Caixa de escada	Leste	Central	138,00
A36.7	36	24	6	Fachada	Leste	Central	260,00
A36.8	36	24	6	Caixa de escada	Leste	Central	138,00
A36.9	36	24	6	Fachada	Leste	Extremidade	132,00

Amostra	ID (edifício)	Idade	N. de andares	Elemento Construtivo	Orientação	REGIÃO	Área (m²)
A36.10	36	24	6	Empena	Sul	Central	230,00
A36.11	36	24	6	Empena	Norte	Central	230,00
A37.1	37	41	6	Empena	Norte	Central	127,00
A37.2	37	41	6	Fachada	Leste	Extremidade	46,00
A37.3	37	41	6	Caixa de escada	Leste	Central	80,00
A37.4	37	41	6	Fachada	Leste	Central	101,00
A38.1	38	27	6	Fachada	Oeste	Central	111,50
A38.2	38	27	6	Fachada	Leste	Central	64,00
A39.1	39	38	6	Caixa de escada	Sul	Central	134,00
A39.2	39	38	6	Caixa de escada	Oeste	Central	88,00
A39.3	39	38	6	Caixa de escada	Sul	Central	88,00
A40.1	40	38	6	Caixa de escada	Oeste	Central	140,50
A40.2	40	38	6	Caixa de escada	Sul	Central	92,00
A40.3	40	38	6	Caixa de escada	Norte	Central	92,00
A40.4	40	38	6	Fachada	Oeste	Central	162,00
A41.1	41	28	6	Caixa de escada	Norte	Central	134,00
A41.2	41	28	6	Caixa de escada	Oeste	Central	88,00
A41.3	41	28	6	Caixa de escada	Leste	Central	88,00
A42.1	42	38	6	Fachada	Norte	Extremidade	114,75
A42.2	42	38	6	Fachada	Norte	Central	229,50
A42.3	42	38	6	Empena	Oeste	Central	114,00
A42.4	42	38	6	Fachada	Sul	Extremidade	117,75
A42.5	42	38	6	Caixa de escada	Sul	Central	74,25
A42.6	42	38	6	Empena	Leste	Central	114,00
A43.1	43	27	6	Fachada	Oeste	Extremidade	215,25
A43.2	43	27	6	Caixa de escada	Oeste	Central	132,25
A43.3	43	27	6	Fachada	Oeste	Central	103,50
A43.4	43	27	6	Empena	Norte	Central	237,75
A44.1	44	27	6	Fachada	Leste	Central	47,25
A45.1	45	43	6	Fachada	Oeste	Central	56,00
A46.1	46	43	6	Caixa de escada	Sul	Central	66,50

APÊNDICE C – RESULTADOS DOS ÍNDICES DE DEGRADAÇÃO

C1 – DEGRADAÇÃO DAS AMOSTRAS (FD e FGD)

Amostra	FD da amostra	FGD da amostra
A2.1	0,253	0,0541
A2.2	0,387	0,1104
A2.3	0,281	0,0584
A2.4	0,173	0,0366
A2.5	0,128	0,0273
A2.6	0,136	0,0289
A2.7	0,119	0,0255
A2.8	0,114	0,0242
A2.9	0,168	0,0360
A2.10	0,151	0,0324
A2.11	0,157	0,0336
A2.12	0,194	0,0415
A2.13	0,123	0,0263
A4.1	0,014	0,0003
A4.2	0,046	0,0009
A4.3	0,005	0,0005
A4.4	0,013	0,0017
A4.5	0,011	0,0014
A4.6	0,006	0,0004
A4.7	0,010	0,0009
A4.8	0,004	0,0005
A4.9	0,016	0,0006
A5.1	0,125	0,0269
A5.2	0,187	0,0401
A5.3	0,015	0,0021
A5.4	0,025	0,0035
A5.5	0,025	0,0035
A5.6	0,021	0,0030
A5.7	0,075	0,0160
A5.8	0,007	0,0010
A5.9	0,018	0,0026
A5.10	0,056	0,0120
A6.1	0,371	0,1061
A6.2	0,217	0,0443
A6.3	0,486	0,1160
A6.4	0,610	0,1689
A6.5	0,390	0,1090
A6.6	0,432	0,1236
A6.7	0,571	0,1633
A6.8	0,605	0,1717

Amostra	FD da amostra	FGD da amostra
A6.9	0,503	0,1418
A6.10	0,364	0,1041
A6.11	0,164	0,0352
A6.12	0,600	0,1714
A6.14	0,429	0,1095
A6.15	0,456	0,1108
A6.17	0,519	0,1433
A6.18	0,603	0,1677
A6.19	0,429	0,1082
A6.21	0,762	0,2104
A6.22	0,848	0,2376
A6.23	0,305	0,0616
A7.2	0,008	0,0011
A7.3	0,086	0,0062
A7.4	0,057	0,0027
A7.6	0,055	0,0039
A7.7	0,065	0,0074
A7.8	0,047	0,0014
A8.1	0,401	0,1023
A8.2	0,806	0,2101
A8.3	0,309	0,0552
A8.4	0,303	0,0511
A8.5	0,355	0,0650
A9.1	0,864	0,1976
A9.2	0,507	0,1155
A9.3	0,500	0,0587
A9.5	0,531	0,1032
A9.7	0,813	0,1493
A9.8	0,497	0,0577
A9.9	0,939	0,1514
A9.10	0,498	0,1164
A9.11	0,573	0,1201
A9.12	0,517	0,1224
A9.13	0,497	0,0972
A9.14	0,724	0,1808
A9.15	0,896	0,2308
A9.16	0,888	0,2428
A9.17	0,765	0,1802
A9.18	0,577	0,1392
A9.20	0,828	0,2140
A9.21	0,434	0,1024
A9.22	0,549	0,1303
A9.23	0,615	0,1365
A9.24	0,473	0,1120
A9.25	0,401	0,0563

Amostra	FD da amostra	FGD da amostra
A9.26	0,331	0,0502
A9.27	0,271	0,0451
A9.28	0,215	0,0304
A9.29	0,517	0,1254
A10.1	0,103	0,0210
A10.2	0,235	0,0486
A10.3	0,054	0,0113
A10.4	0,203	0,0434
A10.5	0,098	0,0200
A10.6	0,104	0,0217
A10.7	0,114	0,0222
A10.8	0,132	0,0279
A10.9	0,188	0,0381
A10.10	0,057	0,0071
A10.11	0,045	0,0064
A10.12	0,125	0,0267
A10.13	0,105	0,0223
A11.1	0,145	0,0295
A11.3	0,171	0,0367
A28.2	0,515	0,1402
A28.3	0,389	0,0984
A28.4	0,553	0,1384
A28.6	0,561	0,1531
A28.7	0,748	0,2041
A28.8	0,492	0,1407
A28.9	0,720	0,2056
A28.10	0,453	0,1256
A28.11	0,604	0,1488
A28.12	0,509	0,1456
A28.13	0,674	0,1799
A28.14	0,625	0,1786
A28.15	0,664	0,1871
A28.16	0,509	0,1366
A28.17	0,438	0,1210
A28.18	0,754	0,2084
A28.19	0,580	0,1616
A28.20	0,596	0,1447
A29.1	0,072	0,0155
A29.2	0,378	0,0624
A29.3	0,179	0,0197
A29.4	0,129	0,0276
A29.5	0,153	0,0311
A30.1	0,303	0,0613
A30.2	0,215	0,0248
A30.3	0,335	0,0580

Amostra	FD da amostra	FGD da amostra
A30.4	0,152	0,0319
A30.5	0,093	0,0183
A31.1	0,803	0,1048
A32.1	0,241	0,0490
A32.2	0,486	0,1293
A32.3	0,278	0,0586
A36.2	0,156	0,0155
A36.3	0,164	0,0093
A36.5	0,183	0,0138
A36.6	0,085	0,0094
A36.7	0,230	0,0189
A36.8	0,217	0,0238
A36.9	0,140	0,0076
A36.10	0,154	0,0136
A36.11	0,480	0,1261
A37.1	0,346	0,0615
A37.2	0,255	0,0411
A37.3	0,194	0,0315
A37.4	0,136	0,0250
A38.1	0,166	0,0290
A38.2	0,352	0,0523
A39.1	1,043	0,2336
A39.2	0,949	0,1780
A39.3	0,736	0,1414
A40.1	0,968	0,1864
A40.2	0,995	0,1969
A40.3	0,592	0,0821
A40.4	0,270	0,0507
A41.1	0,403	0,0586
A41.2	0,739	0,0923
A41.3	0,710	0,1084
A42.1	0,688	0,1464
A42.2	0,644	0,1351
A42.3	0,083	0,0174
A42.4	0,183	0,0378
A42.5	0,276	0,0445
A42.6	0,537	0,1535
A43.1	0,359	0,0492
A43.2	0,267	0,0397
A43.3	0,314	0,0402
A43.4	0,277	0,0437
A44.1	0,296	0,0486
A45.1	0,080	0,0138
A46.1	0,579	0,0687

C2 – DEGRADAÇÃO DAS AMOSTRAS POR REGIÃO (IDR)

Amostra	FGD da amostra	Média	IDR	Região
A10.9	0,0381	0,0381	1,0000	Central
A10.1	0,0210	0,0277	0,7603	Central
A10.2	0,0486	0,0277	1,7563	Central
A10.3	0,0113	0,0277	0,4068	Central
A10.4	0,0434	0,0277	1,5684	Central
A10.5	0,0200	0,0277	0,7236	Central
A10.6	0,0217	0,0277	0,7847	Central
A10.7	0,0222	0,0222	1,0000	Extremidade
A10.8	0,0279	0,0279	1,0000	Central
A10.10	0,0071	0,0156	0,4551	Extremidade
A10.11	0,0064	0,0156	0,4089	Central
A10.12	0,0267	0,0156	1,7083	Central
A10.13	0,0223	0,0156	1,4276	Extremidade
A11.1	0,0295	0,0331	0,8919	Extremidade
A11.3	0,0367	0,0331	1,1081	Central
A28.2	0,1402	0,1193	1,1755	Central
A28.3	0,0984	0,1193	0,8245	Extremidade
A28.8	0,1407	0,1684	0,8353	Central
A28.13	0,1799	0,1684	1,0684	Central
A28.18	0,2084	0,1684	1,2371	Central
A28.20	0,1447	0,1684	0,8592	Central
A28.7	0,2041	0,1661	1,2285	Central
A28.12	0,1456	0,1661	0,8762	Central
A28.17	0,1210	0,1661	0,7282	Central
A28.9	0,2056	0,1661	1,2377	Central
A28.10	0,1256	0,1661	0,7559	Central
A28.14	0,1786	0,1661	1,0748	Central
A28.15	0,1871	0,1661	1,1264	Central
A28.19	0,1616	0,1661	0,9724	Extremidade
A28.6	0,1531	0,1442	1,0615	Central
A28.11	0,1488	0,1442	1,0316	Central
A28.16	0,1366	0,1442	0,9472	Central
A28.4	0,1384	0,1442	0,9597	Central
A29.2	0,0624	0,0450	1,3869	Central
A29.4	0,0276	0,0450	0,6131	Central
A29.1	0,0155	0,0155	1,0000	Central
A29.5	0,0311	0,0311	1,0000	Extremidade
A29.3	0,0197	0,0197	1,0000	Central
A2.1	0,0541	0,0541	1,0000	Central
A2.3	0,0584	0,0353	1,6517	Central
A2.4	0,0366	0,0353	1,0369	Central
A2.5	0,0273	0,0353	0,7729	Central

Amostra	FGD da amostra	Média	IDR	Região
A2.6	0,0289	0,0353	0,8169	Central
A2.7	0,0255	0,0353	0,7217	Extremidade
A2.2	0,1104	0,1104	1,0000	Extremidade
A2.8	0,0242	0,0323	0,7495	Extremidade
A2.9	0,0360	0,0323	1,1121	Central
A2.10	0,0324	0,0323	1,0026	Central
A2.11	0,0336	0,0323	1,0389	Central
A2.12	0,0415	0,0323	1,2827	Central
A2.13	0,0263	0,0323	0,8143	Extremidade
A30.1	0,0613	0,0613	1,0000	Extremidade
A30.2	0,0248	0,0248	1,0000	Central
A30.3	0,0580	0,0580	1,0000	Central
A30.4	0,0319	0,0251	1,2699	Central
A30.5	0,0183	0,0251	0,7301	Extremidade
A31.1	0,1048	0,1048	1,0000	Central
A32.2	0,1293	0,1293	1,0000	Extremidade
A32.1	0,0490	0,0490	1,0000	Central
A32.3	0,0586	0,0586	1,0000	Central
A36.2	0,0155	0,0162	0,9557	Central
A36.6	0,0094	0,0132	0,7105	Central
A36.8	0,0238	0,0132	1,8043	Central
A36.3	0,0093	0,0152	0,6136	Central
A36.5	0,0138	0,0152	0,9102	Central
A36.7	0,0189	0,0152	1,2472	Central
A36.9	0,0076	0,0152	0,4992	Extremidade
A36.11	0,1261	0,1261	1,0000	Central
A36.10	0,0136	0,0136	1,0000	Central
A37.3	0,0315	0,0315	1,0000	Central
A37.2	0,0411	0,0331	1,2432	Extremidade
A37.4	0,0250	0,0331	0,7568	Central
A37.1	0,0615	0,0615	1,0000	Central
A38.2	0,0523	0,0523	1,0000	Central
A38.1	0,0290	0,0290	1,0000	Central
A39.2	0,1780	0,1780	1,0000	Central
A39.1	0,2336	0,1875	1,2460	Central
A39.3	0,1414	0,1875	0,7540	Central
A40.3	0,0821	0,0821	1,0000	Central
A40.1	0,1864	0,1186	1,5726	Central
A40.4	0,0507	0,1186	0,4274	Central
A40.2	0,1969	0,1969	1,0000	Central
A41.3	0,1084	0,1084	1,0000	Central
A41.1	0,0586	0,0586	1,0000	Central
A41.2	0,0923	0,0923	1,0000	Central
A42.6	0,1535	0,1535	1,0000	Central
A42.1	0,1464	0,1407	1,0401	Extremidade

Amostra	FGD da amostra	Média	IDR	Região
A42.2	0,1351	0,1407	0,9599	Central
A42.3	0,0174	0,0174	1,0000	Central
A42.5	0,0445	0,0411	1,0810	Central
A42.4	0,0378	0,0411	0,9190	Extremidade
A43.4	0,0437	0,0437	1,0000	Central
A43.2	0,0397	0,0430	0,9217	Central
A43.1	0,0492	0,0430	1,1440	Extremidade
A43.3	0,0402	0,0430	0,9343	Central
A44.1	0,0486	0,0486	1,0000	Central
A45.1	0,0138	0,0138	1,0000	Central
A46.1	0,0687	0,0687	1,0000	Central
A4.3	0,0005	0,0010	0,4694	Extremidade
A4.4	0,0017	0,0010	1,7302	Central
A4.5	0,0014	0,0010	1,3532	Central
A4.6	0,0004	0,0010	0,4472	Extremidade
A4.2	0,0009	0,0009	1,0000	Central
A4.7	0,0009	0,0007	1,3492	Extremidade
A4.8	0,0005	0,0008	0,5556	Central
A4.9	0,0006	0,0008	0,7547	Central
A4.1	0,0003	0,0003	1,0000	Central
A5.1	0,0269	0,0335	0,8020	Central
A5.2	0,0401	0,0335	1,1980	Extremidade
A5.3	0,0021	0,0030	0,6974	Extremidade
A5.4	0,0035	0,0030	1,1561	Central
A5.5	0,0035	0,0030	1,1657	Central
A5.6	0,0030	0,0030	0,9808	Extremidade
A5.7	0,0160	0,0085	1,8869	Extremidade
A5.8	0,0010	0,0085	0,1131	Extremidade
A5.9	0,0026	0,0073	0,3531	Central
A5.10	0,0120	0,0073	1,6469	Central
A6.23	0,0616	0,0616	1,0000	Central
A6.14	0,1095	0,1416	0,7730	Central
A6.15	0,1108	0,1416	0,7826	Central
A6.17	0,1433	0,1416	1,0116	Central
A6.18	0,1677	0,1416	1,1837	Central
A6.19	0,1082	0,1416	0,7636	Central
A6.21	0,2104	0,1416	1,4856	Extremidade
A6.22	0,2376	0,2376	1,0000	Central
A6.6	0,1236	0,1213	1,0187	Central
A6.11	0,0352	0,1213	0,2904	Central
A6.2	0,0443	0,1213	0,3654	Central
A6.1	0,1061	0,1213	0,8750	Extremidade
A6.3	0,1160	0,1213	0,9564	Central
A6.4	0,1689	0,1213	1,3927	Central
A6.5	0,1090	0,1213	0,8990	Central

Amostra	FGD da amostra	Média	IDR	Região
A6.7	0,1633	0,1213	1,3461	Central
A6.8	0,1717	0,1213	1,4156	Central
A6.9	0,1418	0,1213	1,1692	Central
A6.10	0,1041	0,1213	0,8581	Central
A6.12	0,1714	0,1213	1,4134	Extremidade
A7.3	0,0062	0,0044	1,3955	Extremidade
A7.4	0,0027	0,0044	0,6045	Central
A7.6	0,0039	0,0042	0,9254	Extremidade
A7.7	0,0074	0,0042	1,7525	Central
A7.8	0,0014	0,0042	0,3222	Extremidade
A7.2	0,0011	0,0011	1,0000	Central
A8.2	0,2101	0,2101	1,0000	Central
A8.5	0,0650	0,0650	1,0000	Extremidade
A8.3	0,0552	0,0788	0,7008	Central
A8.1	0,1023	0,0788	1,2992	Central
A8.4	0,0511	0,0511	1,0000	Central
A9.29	0,1254	0,1254	1,0000	Extremidade
A9.2	0,1155	0,1457	0,7928	Central
A9.3	0,0587	0,1457	0,4030	Central
A9.7	0,1493	0,1457	1,0247	Central
A9.8	0,0577	0,1457	0,3959	Central
A9.9	0,1514	0,1457	1,0391	Central
A9.12	0,1224	0,1457	0,8399	Central
A9.13	0,0972	0,1457	0,6673	Central
A9.14	0,1808	0,1457	1,2406	Central
A9.17	0,1802	0,1457	1,2365	Central
A9.18	0,1392	0,1457	0,9554	Central
A9.1	0,1976	0,1457	1,3560	Extremidade
A9.5	0,1032	0,1457	0,7081	Central
A9.10	0,1164	0,1457	0,7988	Central
A9.11	0,1201	0,1457	0,8238	Central
A9.15	0,2308	0,1457	1,5836	Central
A9.16	0,2428	0,1457	1,6660	Central
A9.20	0,2140	0,1457	1,4685	Extremidade
A9.21	0,1024	0,0829	1,2351	Extremidade
A9.22	0,1303	0,0829	1,5719	Central
A9.23	0,1365	0,0829	1,6469	Central
A9.24	0,1120	0,0829	1,3511	Central
A9.25	0,0563	0,0829	0,6797	Central
A9.26	0,0502	0,0829	0,6053	Central
A9.27	0,0451	0,0829	0,5439	Central
A9.28	0,0304	0,0829	0,3662	Extremidade

C3 – DEGRADAÇÃO NOS ANDARES (FGDa)

Amostra	1º	2º	3º	4º	5º	6º	TOPO
A2.1	0,0514	0,0996	0,0536	0,0491	0,0464	0,0929	0,0346
A2.2	0,1421	0,1835	0,1001	0,1043	0,0952	0,0349	0,0455
A2.3	0,0553	0,0630	0,0981	0,0472	0,0912	0,0546	0,0426
A2.4	0,0489	0,0258	0,0581	0,0217	0,0420	0,0327	0,0137
A2.5	0,0336	0,0391	0,0444	0,0148	0,0244	0,0188	0,0069
A2.6	0,0234	0,0312	0,0324	0,0325	0,0372	0,0335	0,0118
A2.7	0,0230	0,0422	0,0180	0,0281	0,0309	0,0204	0,0165
A2.8	0,0308	0,0296	0,0300	0,0346	0,0243	0,0069	0,0047
A2.9	0,0408	0,0429	0,0471	0,0434	0,0381	0,0203	0,0118
A2.10	0,0578	0,0353	0,0415	0,0148	0,0258	0,0223	0,0177
A2.11	0,0335	0,0431	0,0433	0,0243	0,0339	0,0355	0,0177
A2.12	0,0488	0,0488	0,0480	0,0312	0,0590	0,0271	0,0177
A2.13	0,0448	0,0192	0,0316	0,0348	0,0290	0,0023	0,0110
A4.1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0067
A4.2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0056	0,0014	0,0016	0,0000
A4.3	0,0019	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000
A4.4	0,0069	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0029
A4.5	0,0034	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0079
A4.6	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0038
A4.7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0075
A4.8	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0048
A4.9	0,0022	0,0000	0,0010	0,0001	0,0002	0,0000	0,0000
A5.1	0,1175	0,0214	0,0258	0,0167	0,0063	0,0066	0,0159
A5.2	0,0889	0,0429	0,0476	0,0381	0,0238	0,0119	0,0635
A5.3	0,0038	0,0038	0,0032	0,0000	0,0000	0,0027	0,0000
A5.4	0,0020	0,0026	0,0055	0,0030	0,0030	0,0033	0,0062
A5.5	0,0200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0032	0,0190
A5.6	0,0000	0,0107	0,0000	0,0036	0,0054	0,0030	0,0000
A5.7	0,0303	0,0176	0,0126	0,0050	0,0050	0,0202	0,0168
A5.8	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0159
A5.9	0,0000	0,0062	0,0039	0,0143	0,0000	0,0000	0,0000
A5.10	0,0177	0,0059	0,0063	0,0049	0,0059	0,0062	0,0476
A6.1	0,0429	0,1143	0,1429	0,1143	0,0952	0,1143	0,0952
A6.2	0,0621	0,0446	0,1714	0,0429	0,0000	0,0000	0,0000
A6.3	0,1032	0,1333	0,1495	0,1223	0,0952	0,1143	0,0952
A6.4	0,1818	0,1484	0,1358	0,1714	0,1515	0,1455	0,3307
A6.5	0,0584	0,1082	0,1047	0,0883	0,0952	0,1351	0,1885
A6.6	0,0306	0,0357	0,1429	0,1857	0,1667	0,1857	0,1429
A6.7	0,1714	0,1429	0,1714	0,1143	0,1429	0,1714	0,2857
A6.8	0,1378	0,2017	0,1975	0,2144	0,2185	0,1479	0,0000
A6.9	0,1818	0,1732	0,2066	0,1429	0,0617	0,1235	0,0390
A6.10	0,1810	0,1270	0,1810	0,0214	0,0268	0,0607	0,1032

Amostra	1º	2º	3º	4º	5º	6º	TOPO
A6.11	0,0412	0,0000	0,0857	0,0214	0,0357	0,0429	0,0536
A6.12	0,1714	0,1429	0,1714	0,1714	0,1429	0,1714	0,2857
A6.14	0,1339	0,0904	0,1506	0,1393	0,1143	0,0367	0,0597
A6.15	0,0676	0,0510	0,1421	0,1251	0,1060	0,1131	0,1564
A6.17	0,0660	0,1810	0,2381	0,2302	0,1905	0,0143	0,0000
A6.18	0,2457	0,1445	0,2000	0,1671	0,1746	0,0463	0,1759
A6.19	0,0708	0,0466	0,1746	0,0615	0,1192	0,0934	0,1795
A6.21	0,2163	0,2122	0,2114	0,2143	0,2075	0,1694	0,2756
A6.22	0,2635	0,2256	0,2045	0,2732	0,2554	0,2327	0,1677
A6.23	0,0660	0,0551	0,0460	0,0518	0,0582	0,0391	0,1848
A7.2	0,0000	0,0000	0,0034	0,0000	0,0022	0,0000	0,0015
A7.3	0,0064	0,0000	0,0559	0,0000	0,0305	0,0000	0,0000
A7.4	0,0058	0,0000	0,0161	0,0000	0,0049	0,0000	0,0027
A7.6	0,0049	0,0000	0,0022	0,0031	0,0039	0,0000	0,0052
A7.7	0,0039	0,0000	0,0061	0,0000	0,0020	0,0000	0,0241
A7.8	0,0049	0,0000	0,0013	0,0000	0,0002	0,0000	0,0021
A8.1	0,1249	0,0920	0,0933	0,1468	0,0460	0,1225	0,0563
A8.2	0,2155	0,1836	0,2237	0,1644	0,2263	0,2843	0,1583
A8.3	0,0344	0,0536	0,0783	0,0110	0,0358	0,0646	0,0860
A8.4	0,0595	0,0245	0,0693	0,0000	0,0274	0,0532	0,1638
A8.5	0,0000	0,0000	0,0429	0,0132	0,0110	0,1760	0,2827
A9.1	0,1338	0,1649	0,4385	0,1633	0,2040	0,1985	0,1235
A9.2	0,0376	0,0669	0,1061	0,0306	0,1946	0,1633	0,1440
A9.3	0,0765	0,0116	0,0270	0,1378	0,0580	0,0517	0,0805
A9.5	0,0675	0,1089	0,1342	0,1327	0,1358	0,0587	0,0230
A9.7	0,1087	0,1477	0,1628	0,1860	0,1576	0,1794	0,1227
A9.8	0,0587	0,0520	0,1512	0,0241	0,1406	0,0526	0,0394
A9.9	0,1244	0,0656	0,2835	0,2156	0,0972	0,1666	0,0974
A9.10	0,1343	0,0687	0,1417	0,1500	0,1409	0,0926	0,0210
A9.11	0,0698	0,1214	0,1410	0,1082	0,1552	0,1580	0,0369
A9.12	0,0401	0,1538	0,0989	0,1388	0,1236	0,1562	0,1410
A9.13	0,0000	0,0637	0,0295	0,1333	0,0394	0,1314	0,1805
A9.14	0,1088	0,1527	0,2612	0,2135	0,1400	0,1969	0,1992
A9.15	0,1915	0,2764	0,2544	0,2751	0,2403	0,2190	0,1625
A9.16	0,2221	0,2805	0,2545	0,2572	0,2494	0,2736	0,1457
A9.17	0,1320	0,1633	0,2531	0,2367	0,1323	0,2058	0,1718
A9.18	0,1376	0,1524	0,1079	0,2525	0,1286	0,0196	0,1653
A9.20	0,2458	0,1364	0,2045	0,2693	0,2448	0,2430	0,1046
A9.21	0,0983	0,1431	0,0994	0,0657	0,1004	0,0980	0,0936
A9.22	0,1553	0,1982	0,1703	0,1280	0,0567	0,1216	0,0000
A9.23	0,1623	0,1697	0,1413	0,1264	0,1821	0,1527	0,0000
A9.24	0,1100	0,1136	0,1078	0,1144	0,1506	0,1326	0,0306
A9.25	0,0404	0,0662	0,1238	0,0585	0,0467	0,0338	0,0523
A9.26	0,0645	0,1373	0,0230	0,0697	0,0385	0,0298	0,0128
A9.27	0,0550	0,0256	0,0288	0,0425	0,0392	0,1308	0,0128

Amostra	1º	2º	3º	4º	5º	6º	TOPO
A9.28	0,0467	0,0260	0,0407	0,0290	0,0237	0,0215	0,0051
A9.29	0,1884	0,1145	0,1372	0,1245	0,1156	0,0601	0,0460
A10.1	0,0394	0,0150	0,0261	0,0198	0,0230	0,0046	0,0000
A10.2	0,0508	0,0390	0,0952	0,0550	0,1013	0,0317	0,0000
A10.3	0,0219	0,0146	0,0273	0,0000	0,0000	0,0006	0,0018
A10.4	0,0192	0,0407	0,0434	0,0565	0,0256	0,1111	0,0000
A10.5	0,0296	0,0009	0,0473	0,0165	0,0118	0,0135	0,0012
A10.6	0,0248	0,0136	0,0469	0,0380	0,0190	0,0000	0,0000
A10.7	0,0281	0,0159	0,0420	0,0172	0,0142	0,0225	0,0000
A10.8	0,1284	0,0181	0,0209	0,0115	0,0017	0,0028	0,0019
A10.9	0,0326	0,0318	0,0536	0,0231	0,0444	0,0462	0,0337
A10.10	0,0151	0,0053	0,0296	0,0027	0,0049	0,0014	0,0000
A10.11	0,0385	0,0009	0,0028	0,0000	0,0000	0,0014	0,0000
A10.12	0,0294	0,0198	0,0494	0,0159	0,0441	0,0055	0,0000
A10.13	0,0226	0,0304	0,0494	0,0151	0,0210	0,0000	0,0036
A11.1	0,0603	0,0469	0,0335	0,0030	0,0236	0,0281	0,0000
A11.3	0,0561	0,0255	0,0521	0,0347	0,0551	0,0255	0,0000
A28.2	0,2122	0,1753	0,2172	0,1611	0,1857	0,1710	0,0156
A28.3	0,0714	0,0418	0,1105	0,1350	0,1416	0,1772	0,0380
A28.4	0,2014	0,2043	0,0954	0,1146	0,0650	0,0814	0,1896
A28.6	0,1997	0,1544	0,1482	0,1036	0,0909	0,1942	0,1815
A28.7	0,2035	0,2805	0,2894	0,1187	0,2438	0,2917	0,1281
A28.8	0,1385	0,2328	0,1558	0,1376	0,1385	0,0159	0,1463
A28.9	0,2338	0,2857	0,3117	0,1481	0,1818	0,2328	0,1463
A28.10	0,1321	0,1209	0,1296	0,1099	0,1366	0,1230	0,1234
A28.11	0,1242	0,1166	0,0657	0,1676	0,1749	0,1510	0,2232
A28.12	0,0325	0,0584	0,0357	0,1351	0,1732	0,2286	0,2130
A28.13	0,1458	0,2116	0,2597	0,1856	0,1645	0,1848	0,1599
A28.14	0,1039	0,2011	0,1558	0,1799	0,1558	0,1693	0,2211
A28.15	0,1550	0,1392	0,2558	0,1355	0,1894	0,2857	0,1591
A28.16	0,1195	0,1676	0,1038	0,1231	0,0998	0,2305	0,1396
A28.17	0,0422	0,1195	0,0490	0,1421	0,1781	0,2338	0,1022
A28.18	0,1472	0,1693	0,2165	0,2660	0,0332	0,2491	0,2755
A28.19	0,1174	0,1058	0,1385	0,1164	0,1472	0,2222	0,2075
A28.20	0,1052	0,1175	0,1114	0,1956	0,1821	0,2382	0,0909
A29.1	0,0000	0,0217	0,0062	0,0000	0,0000	0,0606	0,0268
A29.2	0,0115	0,0518	0,1334	0,0294	0,1336	0,1375	0,0725
A29.3	0,0138	0,0481	0,0160	0,0160	0,0160	0,0138	0,0442
A29.4	0,0065	0,0425	0,0263	0,0182	0,0142	0,0455	0,0557
A29.5	0,0227	0,0536	0,0315	0,0536	0,0000	0,0000	0,0970
A30.1	0,0567	0,0253	0,0546	0,1064	0,1232	0,0233	0,1600
A30.2	0,0000	0,0155	0,0562	0,0181	0,0574	0,0695	0,0234
A30.3	0,0750	0,0596	0,0167	0,0559	0,1180	0,0439	0,0977
A30.4	0,0069	0,0893	0,0000	0,0000	0,0000	0,0536	0,1868
A30.5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0161	0,0253	0,1766

Amostra	1º	2º	3º	4º	5º	6º	TOPO
A31.1	0,0550	0,0092	0,2050	0,0475	0,0383	0,3274	0,3436
A32.1	0,1238	0,0357	0,0000	0,1071	0,1071	0,0000	0,0550
A32.2	0,1224	0,1190	0,1012	0,1667	0,1786	0,2202	0,0177
A32.3	0,0048	0,0893	0,0179	0,1250	0,1012	0,0952	0,1566
A36.2	0,0004	0,0018	0,0413	0,0835	0,0010	0,0123	0,0111
A36.3	0,0008	0,0021	0,0048	0,0017	0,0079	0,0145	0,0455
A36.5	0,0031	0,0017	0,0044	0,0076	0,0235	0,0173	0,0576
A36.6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0665	0,0150
A36.7	0,0016	0,0114	0,0090	0,0169	0,0114	0,0512	0,0666
A36.8	0,0585	0,0037	0,0000	0,0128	0,0704	0,0316	0,0429
A36.9	0,0071	0,0000	0,0000	0,0000	0,0069	0,0166	0,0237
A36.10	0,0000	0,0466	0,0065	0,0072	0,0124	0,0481	0,0154
A36.11	0,0052	0,0303	0,0157	0,0175	0,2857	0,2857	0,2857
A37.1	0,0142	0,0101	0,0456	0,0472	0,0727	0,0708	0,2465
A37.2	0,0224	0,0197	0,0183	0,0105	0,0268	0,0151	0,1608
A37.3	0,0115	0,0144	0,0000	0,0092	0,0034	0,0583	0,2264
A37.4	0,0238	0,0000	0,0000	0,0000	0,0053	0,0240	0,1129
A38.1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0079	0,0692	0,0555	0,1502
A38.2	0,0366	0,0568	0,0353	0,0510	0,0161	0,0532	0,2805
A39.1	0,1710	0,1880	0,1444	0,2718	0,3318	0,3235	0,2873
A39.2	0,2085	0,1542	0,1580	0,2048	0,1295	0,1547	0,2210
A39.3	0,1134	0,0756	0,1760	0,0619	0,1870	0,1371	0,1647
A40.1	0,0645	0,1331	0,0929	0,2183	0,2462	0,2581	0,2429
A40.2	0,1326	0,1739	0,2242	0,2172	0,1997	0,2214	0,1967
A40.3	0,0344	0,1467	0,0635	0,1810	0,0457	0,0688	0,1369
A40.4	0,0007	0,0186	0,0484	0,1119	0,0404	0,1119	0,1546
A41.1	0,0727	0,0642	0,0344	0,0183	0,0461	0,0570	0,1255
A41.2	0,0223	0,0700	0,0353	0,1630	0,0767	0,2117	0,1682
A41.3	0,0813	0,1665	0,1960	0,1017	0,0653	0,0816	0,1570
A42.1	0,1570	0,1280	0,0907	0,0446	0,0901	0,1198	0,4366
A42.2	0,1917	0,1297	0,1608	0,0578	0,0619	0,0563	0,3136
A42.3	0,0000	0,0052	0,0245	0,0337	0,0214	0,0184	0,0179
A42.4	0,0000	0,0945	0,1108	0,0020	0,0000	0,0337	0,1120
A42.5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0820	0,1319	0,0197	0,1281
A42.6	0,1918	0,1633	0,1592	0,1714	0,1469	0,1020	0,1270
A43.1	0,0320	0,0282	0,0251	0,0444	0,0492	0,0432	0,0989
A43.2	0,0722	0,0121	0,0105	0,0206	0,0494	0,0580	0,0422
A43.3	0,0634	0,0089	0,0064	0,0532	0,0452	0,0448	0,1470
A43.4	0,0230	0,0113	0,0638	0,0151	0,0393	0,0641	0,0868
A44.1	0,0471	0,0354	0,0000	0,2653	0,0157	0,0118	0,0701
A45.1	0,0041	0,0041	0,0122	0,0306	0,0306	0,0000	0,0114
A46.1	0,0584	0,0298	0,0821	0,1205	0,0743	0,0645	0,0707

C4 – DEGRADAÇÃO NOS ANDARES (IDa)

Amostra	1º	2º	3º	4º	5º	6º	TOPO
A2.1	0,051	0,100	0,054	0,049	0,046	0,093	0,035
A2.2	0,142	0,184	0,100	0,104	0,095	0,035	0,045
A2.3	0,055	0,063	0,098	0,047	0,091	0,055	0,043
A2.4	0,049	0,026	0,058	0,022	0,042	0,033	0,014
A2.5	0,034	0,039	0,044	0,015	0,024	0,019	0,007
A2.6	0,023	0,031	0,032	0,033	0,037	0,033	0,012
A2.7	0,023	0,042	0,018	0,028	0,031	0,020	0,016
A2.8	0,031	0,030	0,030	0,035	0,024	0,007	0,005
A2.9	0,041	0,043	0,047	0,043	0,038	0,020	0,012
A2.10	0,058	0,035	0,042	0,015	0,026	0,022	0,018
A2.11	0,034	0,043	0,043	0,024	0,034	0,036	0,018
A2.12	0,049	0,049	0,048	0,031	0,059	0,027	0,018
A2.13	0,045	0,019	0,032	0,035	0,029	0,002	0,011
A4.1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007
A4.2	0,000	0,000	0,000	0,006	0,001	0,002	0,000
A4.3	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A4.4	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003
A4.5	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008
A4.6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004
A4.7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008
A4.8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005
A4.9	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
A5.1	0,117	0,021	0,026	0,017	0,006	0,007	0,016
A5.2	0,089	0,043	0,048	0,038	0,024	0,012	0,063
A5.3	0,004	0,004	0,003	0,000	0,000	0,003	0,000
A5.4	0,002	0,003	0,005	0,003	0,003	0,003	0,006
A5.5	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,019
A5.6	0,000	0,011	0,000	0,004	0,005	0,003	0,000
A5.7	0,030	0,018	0,013	0,005	0,005	0,020	0,017
A5.8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016
A5.9	0,000	0,006	0,004	0,014	0,000	0,000	0,000
A5.10	0,018	0,006	0,006	0,005	0,006	0,006	0,048
A6.1	0,043	0,114	0,143	0,114	0,095	0,114	0,095
A6.2	0,062	0,045	0,171	0,043	0,000	0,000	0,000
A6.3	0,103	0,133	0,150	0,122	0,095	0,114	0,095
A6.4	0,182	0,148	0,136	0,171	0,152	0,145	0,331
A6.5	0,058	0,108	0,105	0,088	0,095	0,135	0,188
A6.6	0,031	0,036	0,143	0,186	0,167	0,186	0,143
A6.7	0,171	0,143	0,171	0,114	0,143	0,171	0,286
A6.8	0,138	0,202	0,198	0,214	0,218	0,148	0,000
A6.9	0,182	0,173	0,207	0,143	0,062	0,123	0,039
A6.10	0,181	0,127	0,181	0,021	0,027	0,061	0,103
A6.11	0,041	0,000	0,086	0,021	0,036	0,043	0,054

Amostra	1º	2º	3º	4º	5º	6º	TOPO
A6.12	0,171	0,143	0,171	0,171	0,143	0,171	0,286
A6.14	0,134	0,090	0,151	0,139	0,114	0,037	0,060
A6.15	0,068	0,051	0,142	0,125	0,106	0,113	0,156
A6.17	0,066	0,181	0,238	0,230	0,190	0,014	0,000
A6.18	0,246	0,144	0,200	0,167	0,175	0,046	0,176
A6.19	0,071	0,047	0,175	0,062	0,119	0,093	0,180
A6.21	0,216	0,212	0,211	0,214	0,208	0,169	0,276
A6.22	0,264	0,226	0,205	0,273	0,255	0,233	0,168
A6.23	0,066	0,055	0,046	0,052	0,058	0,039	0,185
A7.2	0,000	0,000	0,003	0,000	0,002	0,000	0,001
A7.3	0,006	0,000	0,056	0,000	0,031	0,000	0,000
A7.4	0,006	0,000	0,016	0,000	0,005	0,000	0,003
A7.6	0,005	0,000	0,002	0,003	0,004	0,000	0,005
A7.7	0,004	0,000	0,006	0,000	0,002	0,000	0,024
A7.8	0,005	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002
A8.1	0,125	0,092	0,093	0,147	0,046	0,123	0,056
A8.2	0,216	0,184	0,224	0,164	0,226	0,284	0,158
A8.3	0,034	0,054	0,078	0,011	0,036	0,065	0,086
A8.4	0,060	0,024	0,069	0,000	0,027	0,053	0,164
A8.5	0,000	0,000	0,043	0,013	0,011	0,176	0,283
A9.1	0,134	0,165	0,438	0,163	0,204	0,198	0,124
A9.2	0,038	0,067	0,106	0,031	0,195	0,163	0,144
A9.3	0,077	0,012	0,027	0,138	0,058	0,052	0,081
A9.5	0,067	0,109	0,134	0,133	0,136	0,059	0,023
A9.7	0,109	0,148	0,163	0,186	0,158	0,179	0,123
A9.8	0,059	0,052	0,151	0,024	0,141	0,053	0,039
A9.9	0,124	0,066	0,283	0,216	0,097	0,167	0,097
A9.10	0,134	0,069	0,142	0,150	0,141	0,093	0,021
A9.11	0,070	0,121	0,141	0,108	0,155	0,158	0,037
A9.12	0,040	0,154	0,099	0,139	0,124	0,156	0,141
A9.13	0,000	0,064	0,029	0,133	0,039	0,131	0,181
A9.14	0,109	0,153	0,261	0,214	0,140	0,197	0,199
A9.15	0,192	0,276	0,254	0,275	0,240	0,219	0,162
A9.16	0,222	0,280	0,254	0,257	0,249	0,274	0,146
A9.17	0,132	0,163	0,253	0,237	0,132	0,206	0,172
A9.18	0,138	0,152	0,108	0,253	0,129	0,020	0,165
A9.20	0,246	0,136	0,205	0,269	0,245	0,243	0,105
A9.21	0,098	0,143	0,099	0,066	0,100	0,098	0,094
A9.22	0,155	0,198	0,170	0,128	0,057	0,122	0,000
A9.23	0,162	0,170	0,141	0,126	0,182	0,153	0,000
A9.24	0,110	0,114	0,108	0,114	0,151	0,133	0,031
A9.25	0,040	0,066	0,124	0,059	0,047	0,034	0,052
A9.26	0,065	0,137	0,023	0,070	0,038	0,030	0,013
A9.27	0,055	0,026	0,029	0,042	0,039	0,131	0,013
A9.28	0,047	0,026	0,041	0,029	0,024	0,021	0,005

Amostra	1º	2º	3º	4º	5º	6º	TOPO
A9.29	0,188	0,114	0,137	0,124	0,116	0,060	0,046
A10.1	0,039	0,015	0,026	0,020	0,023	0,005	0,000
A10.2	0,051	0,039	0,095	0,055	0,101	0,032	0,000
A10.3	0,022	0,015	0,027	0,000	0,000	0,001	0,002
A10.4	0,019	0,041	0,043	0,057	0,026	0,111	0,000
A10.5	0,030	0,001	0,047	0,016	0,012	0,014	0,001
A10.6	0,025	0,014	0,047	0,038	0,019	0,000	0,000
A10.7	0,028	0,016	0,042	0,017	0,014	0,023	0,000
A10.8	0,128	0,018	0,021	0,012	0,002	0,003	0,002
A10.9	0,033	0,032	0,054	0,023	0,044	0,046	0,034
A10.10	0,015	0,005	0,030	0,003	0,005	0,001	0,000
A10.11	0,038	0,001	0,003	0,000	0,000	0,001	0,000
A10.12	0,029	0,020	0,049	0,016	0,044	0,005	0,000
A10.13	0,023	0,030	0,049	0,015	0,021	0,000	0,004
A11.1	0,060	0,047	0,033	0,003	0,024	0,028	0,000
A11.3	0,056	0,026	0,052	0,035	0,055	0,026	0,000
A28.2	0,212	0,175	0,217	0,161	0,186	0,171	0,016
A28.3	0,071	0,042	0,111	0,135	0,142	0,177	0,038
A28.4	0,201	0,204	0,095	0,115	0,065	0,081	0,190
A28.6	0,200	0,154	0,148	0,104	0,091	0,194	0,182
A28.7	0,203	0,281	0,289	0,119	0,244	0,292	0,128
A28.8	0,139	0,233	0,156	0,138	0,139	0,016	0,146
A28.9	0,234	0,286	0,312	0,148	0,182	0,233	0,146
A28.10	0,132	0,121	0,130	0,110	0,137	0,123	0,123
A28.11	0,124	0,117	0,066	0,168	0,175	0,151	0,223
A28.12	0,032	0,058	0,036	0,135	0,173	0,229	0,213
A28.13	0,146	0,212	0,260	0,186	0,165	0,185	0,160
A28.14	0,104	0,201	0,156	0,180	0,156	0,169	0,221
A28.15	0,155	0,139	0,256	0,136	0,189	0,286	0,159
A28.16	0,120	0,168	0,104	0,123	0,100	0,230	0,140
A28.17	0,042	0,119	0,049	0,142	0,178	0,234	0,102
A28.18	0,147	0,169	0,216	0,266	0,033	0,249	0,276
A28.19	0,117	0,106	0,139	0,116	0,147	0,222	0,207
A28.20	0,105	0,117	0,111	0,196	0,182	0,238	0,091
A29.1	0,000	0,022	0,006	0,000	0,000	0,061	0,027
A29.2	0,012	0,052	0,133	0,029	0,134	0,137	0,073
A29.3	0,014	0,048	0,016	0,016	0,016	0,014	0,044
A29.4	0,007	0,042	0,026	0,018	0,014	0,046	0,056
A29.5	0,023	0,054	0,032	0,054	0,000	0,000	0,097
A30.1	0,057	0,025	0,055	0,106	0,123	0,023	0,160
A30.2	0,000	0,015	0,056	0,018	0,057	0,070	0,023
A30.3	0,075	0,060	0,017	0,056	0,118	0,044	0,098
A30.4	0,007	0,089	0,000	0,000	0,000	0,054	0,187
A30.5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,025	0,177
A31.1	0,055	0,009	0,205	0,048	0,038	0,327	0,344

Amostra	1º	2º	3º	4º	5º	6º	TOPO
A32.1	0,124	0,036	0,000	0,107	0,107	0,000	0,055
A32.2	0,122	0,119	0,101	0,167	0,179	0,220	0,018
A32.3	0,005	0,089	0,018	0,125	0,101	0,095	0,157
A36.2	0,000	0,002	0,041	0,083	0,001	0,012	0,011
A36.3	0,001	0,002	0,005	0,002	0,008	0,014	0,046
A36.5	0,003	0,002	0,004	0,008	0,024	0,017	0,058
A36.6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,066	0,015
A36.7	0,002	0,011	0,009	0,017	0,011	0,051	0,067
A36.8	0,059	0,004	0,000	0,013	0,070	0,032	0,043
A36.9	0,007	0,000	0,000	0,000	0,007	0,017	0,024
A36.10	0,000	0,047	0,007	0,007	0,012	0,048	0,015
A36.11	0,005	0,030	0,016	0,017	0,286	0,286	0,286
A37.1	0,014	0,010	0,046	0,047	0,073	0,071	0,246
A37.2	0,022	0,020	0,018	0,011	0,027	0,015	0,161
A37.3	0,011	0,014	0,000	0,009	0,003	0,058	0,226
A37.4	0,024	0,000	0,000	0,000	0,005	0,024	0,113
A38.1	0,000	0,000	0,000	0,008	0,069	0,056	0,150
A38.2	0,037	0,057	0,035	0,051	0,016	0,053	0,281
A39.1	0,171	0,188	0,144	0,272	0,332	0,324	0,287
A39.2	0,208	0,154	0,158	0,205	0,130	0,155	0,221
A39.3	0,113	0,076	0,176	0,062	0,187	0,137	0,165
A40.1	0,064	0,133	0,093	0,218	0,246	0,258	0,243
A40.2	0,133	0,174	0,224	0,217	0,200	0,221	0,197
A40.3	0,034	0,147	0,064	0,181	0,046	0,069	0,137
A40.4	0,001	0,019	0,048	0,112	0,040	0,112	0,155
A41.1	0,073	0,064	0,034	0,018	0,046	0,057	0,125
A41.2	0,022	0,070	0,035	0,163	0,077	0,212	0,168
A41.3	0,081	0,166	0,196	0,102	0,065	0,082	0,157
A42.1	0,157	0,128	0,091	0,045	0,090	0,120	0,437
A42.2	0,192	0,130	0,161	0,058	0,062	0,056	0,314
A42.3	0,000	0,005	0,024	0,034	0,021	0,018	0,018
A42.4	0,000	0,095	0,111	0,002	0,000	0,034	0,112
A42.5	0,000	0,000	0,000	0,082	0,132	0,020	0,128
A42.6	0,192	0,163	0,159	0,171	0,147	0,102	0,127
A43.1	0,032	0,028	0,025	0,044	0,049	0,043	0,099
A43.2	0,072	0,012	0,011	0,021	0,049	0,058	0,042
A43.3	0,063	0,009	0,006	0,053	0,045	0,045	0,147
A43.4	0,023	0,011	0,064	0,015	0,039	0,064	0,087
A44.1	0,047	0,035	0,000	0,265	0,016	0,012	0,070
A45.1	0,004	0,004	0,012	0,031	0,031	0,000	0,011
A46.1	0,058	0,030	0,082	0,120	0,074	0,065	0,071

APÊNDICE D – RESULTADOS DA DEGRADAÇÃO POR FACHADA

Fachada	Número de amostras	Idade	Média FGD	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
4 Leste	4	5	0,001	0,0006	64,42
4 Norte	1	5	0,0009	0	0
4 Oeste	3	5	0,0007	0,0002	32,74
4 Sul	1	5	0,0003	0	0
5 Leste	2	8	0,0335	0,0094	28
5 Norte	4	8	0,003	0,0007	21,89
5 Oeste	2	8	0,0085	0,0107	125,42
5 Sul	2	8	0,0073	0,0067	91,49
2 Leste	1	9	0,0541	0	0
2 Norte	5	9	0,0353	0,0136	38,36
2 Oeste	1	9	0,1104	0	0
2 Sul	6	9	0,0323	0,0063	19,56
7 Leste	2	10	0,0044	0,0025	55,94
7 Oeste	3	10	0,0042	0,003	71,81
7 Sul	1	10	0,0011	0	0
10 Leste	1	10	0,0381	0	0
10 Norte	7	10	0,0269	0,0137	50,79
10 Oeste	1	10	0,0279	0	0
10 Sul	4	10	0,0156	0,0104	66,61
11 Sul	2	17	0,0331	0,0051	15,29
36 Leste	7	24	0,0162	0,0059	36,22
36 Norte	1	24	0,1261	0	0
36 Sul	1	24	0,0136	0	0
38 Leste	1	27	0,0523	0	0
38 Oeste	1	27	0,029	0	0
43 Norte	1	27	0,0437	0	0
43 Oeste	3	27	0,043	0,0054	12,49
41 Leste	1	28	0,1084	0	0
41 Norte	1	28	0,0586	0	0
41 Oeste	1	28	0,0923	0	0
6 Leste	1	32	0,0616	0	0
6 Norte	6	32	0,1416	0,0413	29,13
6 Oeste	1	32	0,2376	0	0
6 Sul	12	32	0,1213	0,0463	38,15
9 Leste	1	36	0,1254	0	0
9 Norte	17	36	0,1457	0,0553	37,96

Fachada	Número de amostras	Idade	Média FGD	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
9 Sul	8	36	0,0829	0,0419	50,6
44 Leste	1	37	0,0486	0	0
29 Leste	2	38	0,045	0,0246	54,71
29 Norte	1	38	0,0155	0	0
29 Oeste	1	38	0,0311	0	0
29 Sul	1	38	0,0197	0	0
30 Leste	1	38	0,0613	0	0
30 Norte	1	38	0,0248	0	0
30 Oeste	3	38	0,058	0,0202	34,79
39 Oeste	1	38	0,178	0	0
39 Sul	2	38	0,1875	0,0652	34,79
40 Norte	1	38	0,0821	0	0
40 Oeste	2	38	0,1186	0,096	80,97
40 Sul	1	38	0,1969	0	0
42 Leste	1	38	0,1535	0	0
42 Norte	2	38	0,1407	0,008	5,67
42 Oeste	1	38	0,0174	0	0
42 Sul	2	38	0,0411	0,0047	11,45
32 Norte	2	41	0,1293	0,0568	43,9
32 Sul	1	41	0,0586	0	0
37 Leste	3	41	0,0315	0,0081	25,75
37 Norte	1	41	0,0615	0	0
28 Leste	2	43	0,1193	0,0296	24,82
28 Norte	4	43	0,1684	0,0319	18,96
28 Oeste	8	43	0,1661	0,0332	19,99
28 Sul	4	43	0,1442	0,008	5,54
31 Sul	1	43	0,1048	0	0
45 Oeste	1	43	0,0138	0	0
46 Sul	1	43	0,0687	0	0
8 Leste	1	48	0,2101	0	0
8 Norte	1	48	0,065	0	0
8 Oeste	2	48	0,0788	0,0333	42,32
8 Sul	1	48	0,0511	0	0