



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Alexsander Baggio

Estudo de caso de manifestações patológicas em revestimento de fachada

Florianópolis

2024

Alexsander Baggio

Estudo de caso de manifestações patológicas em revestimento de fachada

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Prof. Fernando Pelisser, Dr.

Florianópolis

2024

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.
Dados inseridos pelo próprio autor

Baggio, Alexsander

Estudo de caso de manifestações patológicas em revestimento de fachada /Alexsander Baggio ; orientador, Fernando Pelisser, 2024.

88 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Revestimento cerâmico de fachada. 3. Engenharia diagnóstica. 4. Manifestações patológicas. I. Pelisser, Fernando. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Alexsander Bggio

Estudo de caso de manifestações patológicas em revestimento de fachada

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil

Florianópolis, 13 de dezembro de 2024

Profa. Liane Ramos da Silva, Dra.
Coordenador do Curso

Banca examinadora

Prof. Fernando Pelisser, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Inicialmente que expressar minha felicidade e gratificação pela conclusão deste trabalho, que finaliza uma caminhada de mais de cinco anos até esse momento.

Primeiramente agradeço aos meus pais Alexandro e Gracieli pelo carinho, atenção e apoio que eles me deram durante toda a minha vida e suporte para poder realizar esse objetivo.

Ao meu orientador, Professor Fernando Pelisser por sua compreensão, paciência e experiência, fundamentais para a finalização deste trabalho.

Também agradeço a todos os meus colegas de curso, em especial a Alex Kenji, pela amizade e suporte durante a graduação e na realização deste trabalho.

Aos supervisores do meu estágio que me proporcionaram o objeto de estudo para elaboração desse trabalho, além de toda experiência e conhecimento, fundamentais para o êxito nesse trabalho.

A todos que me ajudaram direta ou indiretamente na realização deste trabalho e que deixaram de ser mencionados.

Por fim, agradeço a Deus, por estar presente e me guiar durante toda essa jornada até a conclusão do curso.

RESUMO

O estudo de caso tem como objetivo analisar as manifestações patológicas presentes em revestimentos cerâmicos das fachadas em um edifício residencial multifamiliar localizado na cidade de Florianópolis-SC. Inicialmente, o trabalho aborda a importância do revestimento cerâmico em fachadas, destacando sua durabilidade, estética e capacidade de proteger a edificação contra agentes externos, como intempéries. A metodologia do estudo incluiu uma anamnese, análise documental, vistorias in loco e a realização de ensaios técnicos, como o ensaio de resistência à aderência à tração e o ensaio de percussão, ambos essenciais para avaliar a integridade e o desempenho do sistema de revestimento. Os resultados obtidos por todos os procedimentos adotados permitiram um diagnóstico detalhado das manifestações presentes, destacando a presença de deslocamentos e grande parcela do revestimento com som cavo. Ainda, indicou suas possíveis causas vinculadas a baixa resistência do emboço e recomendando intervenções eficazes para prolongar a vida útil do sistema. A pesquisa contribuiu significativamente para o entendimento técnico das manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos e melhorias nos métodos construtivos.

Palavras-chave: Engenharia diagnóstica, revestimento cerâmico, manifestações patológicas, fachadas.

ABSTRACT

The case study aims to analyze the pathological manifestations present in ceramic cladding on the façades of a multi-family residential building located in Florianópolis, SC, Brazil. Initially, the study discusses the importance of ceramic cladding for façades, emphasizing its durability, aesthetics, and ability to protect the building from external agents such as weather conditions. The methodology included an anamnestic approach, document analysis, on-site inspections, and technical tests such as the tensile adhesion strength test and the percussion test, both crucial for assessing the integrity and performance of the cladding system. The results obtained from these procedures provided a detailed diagnosis of the manifestations, highlighting the presence of delaminations and a significant portion of hollow-sounding cladding. Furthermore, the findings pointed to potential causes, such as the low strength of the mortar layer, and recommended effective interventions to extend the system's service life. The research significantly contributes to the technical understanding of pathological manifestations in ceramic cladding and improvements in construction methods.

Keywords: Diagnostic engineering, ceramic cladding, pathological manifestations, façades.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção brasileira de revestimentos cerâmicos (milhões de m ²)	17
Figura 2 - Tipos de produtos fabricados (milhões de m ²)	17
Figura 3 - Metodologia de Avaliação de Desempenho.....	21
Figura 4 - Desempenho ao longo do tempo.....	23
Figura 5 - Desempenho ao longo do tempo.....	23
Figura 6 - Lei da evolução dos custos	25
Figura 7 – Esquema do revestimento cerâmico aplicado sobre a base	27
Figura 8 – Tipos de juntas	32
Figura 9 – Configuração típica das juntas seladas	34
Figura 10 – Origem das manifestações patológicas relacionadas as etapas da construção civil	37
Figura 11 – Principais tipos de falhas relacionadas à deterioração das juntas	45
Figura 12 – Resistência de aderência – Requisitos e critérios de aceitação do sistema de revestimento	46
Figura 13 - Formas de ruptura do corpo de prova	48
Figura 14 – Valores mínimos de resistência de aderência à tração.	48
Figura 15 - Fluxograma da metodologia do estudo.....	50
Figura 16 – Localização do condomínio onde está situado o objeto de estudo.	52
Figura 17 – Vista da fachada frontal e dos fundos do condomínio.	53
Figura 18 – Vista das fachadas laterais do condomínio.	53
Figura 19 – Orientações geográficas aproximadas das fachadas do condomínio.	57
Figura 20 – Incidência solar no objeto de estudo ao longo do dia durante a estação do verão.	58
Figura 21 – Incidência solar no objeto de estudo ao longo do dia durante a estação do outono.....	58
Figura 22 – Incidência solar no objeto de estudo ao longo do dia durante a estação do inverno.....	59

Figura 23- Incidência solar no objeto de estudo ao longo do dia durante a estação da primavera.....	59
Figura 24 – Sinais de deterioração do rejunte, bem como deslocamento de revestimento cerâmico (fachada norte/leste).....	61
Figura 25 – Manchamentos elevados nas pastilhas, bem como sinais de deterioração do rejunte (fachada norte)	61
Figura 26 – Sinais de deterioração no rejunte, manchamentos e descolamento de haste do SPDA (fachada norte).....	62
Figura 27 – Manchamentos nos revestimentos cerâmicos, deterioração dos rejuntos, bem como marcações do teste de percussão realizado (fachada norte) ...	62
Figura 28 – Deterioração do rejunte, manchamentos e deslocamento do revestimento cerâmico (fachada norte).	63
Figura 29 – Deterioração elevada do rejunte (fachada oeste)	63
Figura 30 – Deterioração dos rejuntos e manchamentos de escorrimento (fachada sul)	64
Figura 31 - Deterioração dos rejuntos e manchamentos de escorrimento (fachada sul)	64
Figura 32 – Deterioração dos rejuntos, manchamentos, excesso de sujidades, bem como marcações de som cavo (fachada Leste)	65
Figura 33 – Localização dos pontos arrancamento (vista aérea)	66
Figura 34 – Localização dos pontos arrancamento (fachada norte).....	67
Figura 35 – Localização dos pontos arrancamento (fachada sul)	67
Figura 36 – Ensaio de resistência de aderência a tração no revestimento cerâmico (fachada norte).	68
Figura 37 - Ensaio de resistência de aderência a tração no revestimento cerâmico (fachada sul).	68
Figura 38 – Detalhe de rompimento no emboço (fachada norte).	69
Figura 39 – Detalhe de rompimento entre argamassa colante/placa cerâmica e emboço (fachada norte).	69
Figura 40 – Detalhe de rompimento no emboço (fachada sul).....	70
Figura 41 – Detalhe de rompimento entre argamassa colante/placa cerâmica e emboço (fachada sul).....	70
Figura 42 – Espessura admissível para revestimentos argamassados internos e externos.	72

Figura 43 – Demarcação utilizada	73
Figura 44 – Modelo 3D da edificação com as marcações com presença de som cavo (fachada norte).....	74
Figura 45 – Imagem de drone com as marcações de som cavo (fachada norte)	74
Figura 46 - Modelo 3D da edificação com as marcações com presença de som cavo (fachada sul).....	75
Figura 47 - Imagem de drone com as marcações de som cavo (fachada sul)	75
Figura 48 - Modelo 3D da edificação com as marcações com presença de som cavo (fachada oeste).....	76
Figura 49 - Imagem de drone com as marcações de som cavo (fachada oeste)	76
Figura 50 - Modelo 3D da edificação com as marcações com presença de som cavo (fachada leste).....	77
Figura 51 - Imagem de drone com as marcações de som cavo (fachada leste)	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Orientação geográfica e suas características de insolação.....	56
Quadro 2 - Danos observados nas regiões das fachadas.....	60
Quadro 3 – Possíveis causas da baixa resistência do emboço	71
Quadro 4 – Orientações das fachadas, revestimentos e área com som cavo.	78
Quadro 5 – Resumo das áreas demarcada em teste de percussão.	78
Quadro 6 – Orientações das fachadas, revestimentos, área com som cavo e relação As/At.....	79
Quadro 7 – Comparação da coloração das pastilhas nas áreas demarcada em teste de percussão.....	79
Quadro 8 – Comparação da orientação das fachadas nas áreas demarcada em teste de percussão.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação e uso da argamassa para rejuntamento.....	33
Tabela 2 - Características de argamassa de rejuntamento.....	33
Tabela 3 - Fachadas com presença de pastilhas cerâmicas.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	– Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANAFER	– Associação Nacional de Fabricantes de Cerâmica para Revestimento
ASTM	– American Society for Testing and Materials
NBR	– Norma Brasileira
RCF	– Revestimento cerâmico de fachada
UFSC	– Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	OBJETIVOS.....	19
1.1.1	Objetivo geral	19
1.1.2	Objetivo específico	19
2	REFERENCIAL TÉORICO	20
2.1	CONCEITOS	20
2.1.1	Desempenho	20
2.1.2	Vida útil.....	21
2.1.3	Manutenção	24
2.1.4	Durabilidade	26
2.2	REVESTIMENTO CERÂMICO EM FACHADA.....	27
2.2.1	Base	28
2.2.2	Chapisco.....	28
2.2.3	Emboço.....	29
2.2.4	Argamassa colante	30
2.2.5	Placa cerâmicas	31
2.2.6	Juntas	32
2.3	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	35
2.3.1	Origem das manifestações patológicas	36
2.3.2	Causas das manifestações patológicas	38
2.3.3	Tipos de manifestações patológicas	39
2.3.3.1	<i>Descolamento e deslocamento</i>	<i>39</i>
2.3.3.2	<i>Manchamentos.....</i>	<i>42</i>
2.3.3.3	<i>Deterioração das juntas.....</i>	<i>44</i>
2.4	ENSAIOS.....	46
2.4.1	Ensaio de resistência a aderência a tração em revestimento cerâmico	46
2.4.2	Ensaio de percussão em revestimento cerâmico.....	49
3	METODOLOGIA.....	50
3.1	LIMITAÇÕES DA METODOLOGIA	51
4	CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	52
4.1.1	Anamnese.....	54

4.1.2	Vistorias.....	55
4.1.3	Orientação solar.....	56
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	60
5.1	PRINCIPIAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS OBSERVADAS.....	60
5.2	RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS.....	66
5.2.1	Ensaio de resistência a aderência a tração.....	66
5.2.2	Ensaio de percussão.....	73
6	RECOMENDAÇÕES.....	81
7	CONCLUSÃO.....	83
	REFERÊNCIAS.....	85

1 INTRODUÇÃO

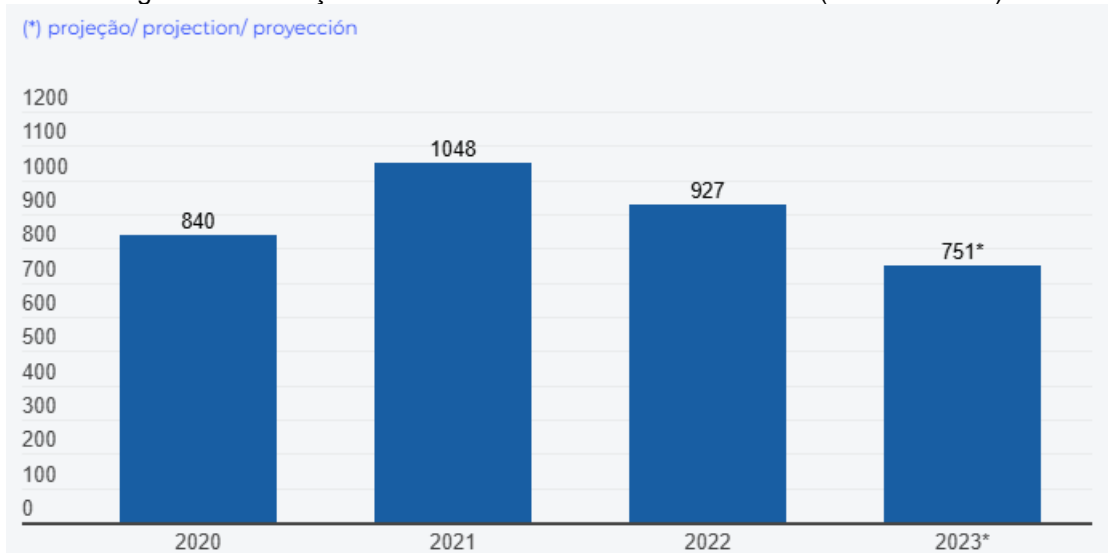
Os avanços tecnológicos no setor da engenharia civil permitiram a utilização de novas técnicas, métodos e materiais, existindo inúmeras possibilidades de revestimento de paredes, cada um com suas características específicas. Dentre as opções disponíveis, o revestimento cerâmico destaca-se como uma das alternativas mais versáteis e duráveis, amplamente empregado tanto em áreas internas quanto externas.

A utilização do revestimento cerâmico teve início na antiguidade, utilizando azulejos para o revestimento de palácios em pisos e paredes. As principais vantagens de sua utilização consistem nas características de durabilidade, facilidade de limpeza e sua estética. Com a evolução da tecnologia o revestimento se tornou acessível para todas as camadas sociais, aumentando sua possibilidade de uso.

As placas cerâmicas são fabricadas a partir de argilas e minerais naturais, a partir de um tratamento térmico para adquirir resistência mecânica e dureza. O tipo de processo adotado na queima e os materiais constituintes da peça cerâmica definem suas propriedades quanto a sua composição, resistência ao ataque de agentes químicos, característica de superfície, processo de fabricação, resistência à abrasão, absorção de água dentre outras.

No Brasil o uso da cerâmica apresenta crescimento, sendo, segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para revestimentos, louças e congêneres (ANAFER) o terceiro maior consumidor e produtor mundial de cerâmica, ultrapassando a produção de um bilhão de metros quadrados de revestimento cerâmico no ano de 2021. A Figura 1 demonstra a produção brasileira de revestimentos cerâmicos citado anteriormente.

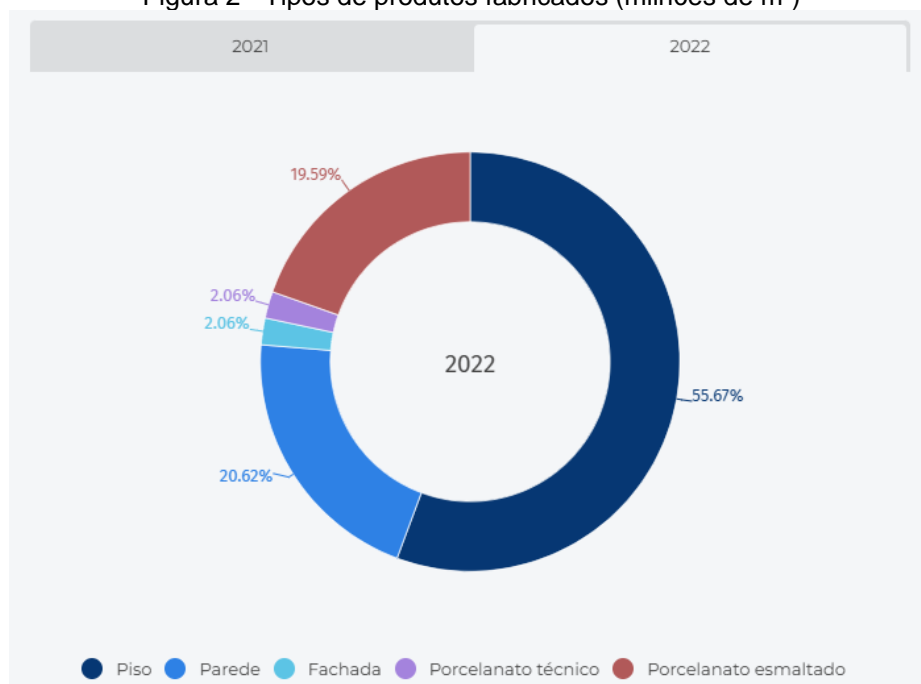
Figura 1 – Produção brasileira de revestimentos cerâmicos (milhões de m²)



Fonte: ANFACER. Disponível em: <http://www.anfacer.org.br>

A produção de revestimento cerâmico e louças representa cerca de 6% do PIB da indústria de materiais de construção, sendo o revestimento cerâmico utilizado para piso o principal tipo de produto fabricado, representando cerca de 55,67% dos revestimentos cerâmicos produzidos no Brasil em 2022 (ANFACER). Para utilização na fachada são produzidos 2,06% dos revestimentos cerâmicos, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Tipos de produtos fabricados (milhões de m²)



Fonte: ANFACER. Disponível em: <http://www.anfacer.org.br>

Por mais que apenas 2,06% da quantidade total de revestimento cerâmico seja utilizada em fachadas, tal localidade possui extrema relevância, visto que quaisquer falhas de aderência no sistema podem comprometer a fixação do revestimento, acarretando riscos envolvendo acidentes decorridos do deslocamento e descolamento das peças cerâmicas sobre transeuntes e usuários.

Pereira (2008) afirma que os revestimentos cerâmicos possuem alta resistência a produtos químicos e à degradação ambiental, tornando-o adequado para utilização em fachadas de edifícios localizados em meio ambiente considerado corrosivo e em áreas urbanas com alta poluição. De acordo com ROSCOE (2008), o Brasil possui clima favorável a utilização do revestimento cerâmico em fachadas, principais em regiões localizadas próximas ao litoral, devido a presença de maresia.

Entretanto, mesmo com a utilização recorrente de revestimento cerâmico em fachadas e a evolução tecnológica no setor, é notado a presença de inúmeras manifestações patológicas. Segundo SHOHET (1996) as manifestações patológicas ocorrem 16% dos casos em fachadas revestidas por material cerâmico em ambientes agressivos com menos de 10 anos de uso e 25% naqueles com mais de 10 anos.

O surgimento de manifestações patológicas nas fachadas está diretamente ligado a erros na fase de projeto, a ausência de mão de obra qualificada, dificuldade na fiscalização, gerando uma má execução do revestimento. A falta de manutenção e limpeza utilizando produtos químicos agressivos também podem ocasionar ou intensificar as manifestações patológicas.

Cabe destacar que a algumas das manifestações patológicas nesse sistema são visualmente observadas somente quando há a iminência de acidentes, necessitando de manutenção corretiva imediata, como é o caso dos deslocamentos.

Diante dos problemas citados, ressalta-se a importância da identificação das principais manifestações patológicas no sistema de fachada, além de analisar as possíveis causas e origem.

1.1 OBJETIVOS

No atual capítulo define-se o objetivo geral e objetivos específicos do presente estudo de caso.

1.1.1 Objetivo geral

O trabalho tem como objetivo geral investigar as manifestações patológicas no sistema de revestimento em fachadas de uma edificação residencial multifamiliar, buscando diagnosticar, entender suas possíveis causas e subsidiar as intervenções necessárias no condomínio.

1.1.2 Objetivo específico

- Identificar as principais manifestações patológicas presente na fachada;
- Investigar as possíveis causas dessas manifestações patológicas e os fatores que contribuem para deterioração do revestimento;
- Mapeamento dos locais com as referidas manifestações patológicas;
- Propor intervenções no revestimento cerâmico após toda investigação realizada.

2 REFERENCIAL TÉCNICO

Visando o total entendimento do estudo de caso, no presente capítulo são abordados alguns conceitos, além da apresentação do revestimento cerâmico em fachadas, manifestações patológicas e ensaios utilizados.

2.1 CONCEITOS

Faz-se necessário para o andamento deste estudo a conceituação acerca de “desempenho”, “vida útil”, “manutenção” e “durabilidade”.

2.1.1 Desempenho

De acordo com a norma, o desempenho é compreendido como o “comportamento em uso de um edifício habitacional e dos sistemas que o compõem” (ABNT,2021). Em síntese, o desempenho de uma edificação refere-se ao comportamento esperado e real dos edifícios e seus sistemas ao longo do seu ciclo de vida, considerando tanto o uso quanto a manutenção. Esse conceito abrange não apenas a qualidade do projeto, mas também a execução e o uso seguro da estrutura ao longo do tempo.

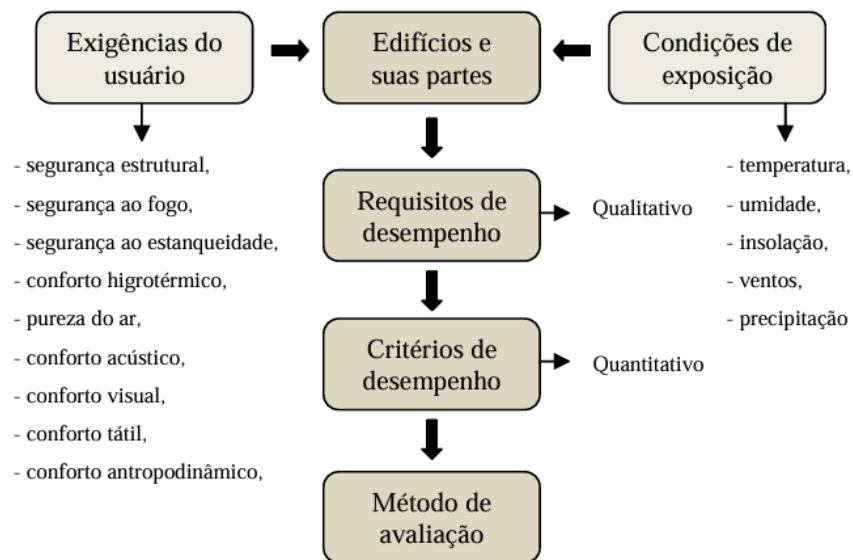
No Brasil, o desempenho das construções tem ganhado relevância com o crescimento do setor de construção civil e a demanda por padrões mais elevados de conforto, durabilidade e qualidade por parte dos usuários. Em resposta a esse cenário, foi republicada com alterações a NBR 15575 em 2013, que estabelece condições mínimas para garantir o uso seguro e eficiente das edificações.

Essa norma estabelece não apenas critérios mínimos, mas também busca reduzir não conformidades, definindo claramente as responsabilidades de cada envolvido, desde a concepção do projeto até a manutenção. Além de orientar o setor construtivo sobre práticas recomendadas, a NBR 15575 busca melhorar a durabilidade e a qualidade das edificações, promovendo, assim, um diferencial competitivo para os empreendimentos que alcançam níveis superiores de desempenho (ABNT, 2013).

Segundo Souza (2015), uma avaliação objetiva de desempenho deve incluir definições de critérios qualitativos e quantitativos, permitindo uma análise precisa do

comportamento dos materiais e sistemas de construção. A metodologia proposta por Segundo Antunes (2010) para que uma edificação atenda plenamente às suas funções, é fundamental identificar as exigências dos usuários a serem satisfeitas e as condições de exposição no qual o edifício esteja submetido. Desta forma foi elaborado uma metodologia de avaliação (Figura 3) obtendo os critérios e requisitos que o edifício e suas partes necessitam atender.

Figura 3 - Metodologia de Avaliação de Desempenho



Fonte: ANTUNES, 2010

O desempenho de uma construção também é impactado por fatores externos, como o clima e a exposição a poluentes, que podem reduzir a durabilidade dos materiais e componentes. Mesmo com manutenção adequada, o comportamento dos elementos construtivos tende a ser afetado pela intensidade e pela frequência da exposição a esses agentes externos (SOUZA; RIPPER, 1998). Assim, o conceito de desempenho em edificações abrange o atendimento a critérios técnicos e a resiliência das construções frente a condições adversárias, garantindo que elas mantenham a qualidade ao longo do tempo.

2.1.2 Vida útil

O conceito de vida útil é amplamente abordado na literatura e nas normas técnicas, destacando-se como um aspecto crucial para a durabilidade de edificações

e materiais. Segundo John e Sato (2006), a vida útil representa o período em que um produto mantém um desempenho igual ou superior ao mínimo necessário para atender as necessidades dos usuários.

Flauzino e Uemoto (1981) acrescentam que a vida útil de uma construção está vinculada à vida útil de seus componentes, cada um com um papel específico no sistema. A análise da importância de cada elemento passa, portanto, pela consideração de variáveis, como os custos de manutenção e reposição, além dos efeitos de fatores de manipulação e demais processos que podem reduzir a durabilidade. Essa visão é complementada pela NBR 15575 (ABNT, 2021), que define vida útil como o tempo durante o qual uma edificação e suas partes mantêm condições específicas de uso, atendendo aos níveis de desempenho previstos.

De maneira mais específica, o termo Vida Útil de Projeto (VUP) surge como uma estimativa teórica de duração dos sistemas e elementos construtivos, projetada para atender aos requisitos de desempenho e considerando as condições de operação e manutenção descritas no Manual de Uso, Operação e Manutenção. A NBR 15575 (ABNT, 2021) aborda a VUP como a vida útil prevista, mas destaca que o cumprimento desse período depende da periodicidade e da eficiência das manutenções, além das influências do meio ambiente, como clima e poluição. O conceito de VUP reforça que a vida útil real de um sistema pode divergir da estimativa inicial em função do cumprimento ou negligência dos cuidados previstos.

O projeto deve especificar o valor teórico para a Vida Útil de Projeto (VUP) para cada um dos sistemas que o compõem, não inferiores aos estabelecidos na Figura 4, e deve ser elaborado para que os sistemas tenham uma durabilidade potencial compatível com a Vida Útil de Projeto (VUP). Na ausência de indicação em projeto da VUP dos sistemas, admite-se que os valores adotados correspondem aos relacionados na Figura 4 para o desempenho mínimo

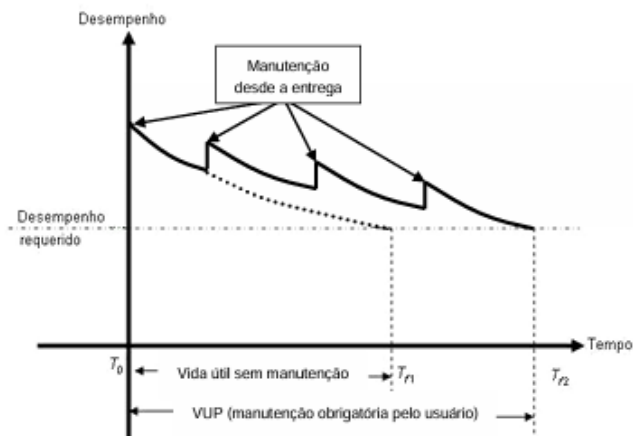
Figura 4 - Desempenho ao longo do tempo

Sistema	VUP mínima anos
Estrutura	≥ 50 segundo ABNT NBR 8681-2003
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20

Fonte: ABNT NBR 15575

Normalmente é possível prolongar a VUP através de ações de manutenção, desta forma, ao defini-la é necessário estabelecer as ações de manutenção que devem ser realizadas para garantir o seu atendimento. Salienta-se a importância da realização integral das ações de manutenção pelo usuário, sem o que haja o risco de a VUP não ser atingida. Na Figura 5 este comportamento citado é representado no esquema da

Figura 5 - Desempenho ao longo do tempo



Fonte: ABNT NBR 15575

Nesse contexto, a definição de vida útil envolve não apenas a durabilidade intrínseca dos materiais, mas também os fatores ambientais e operacionais, que, em conjunto, determinam a manutenção de um desempenho mínimo ao longo do tempo. Isso inclui fatores externos ao controle do usuário, como intempéries e alterações urbanas, que podem afetar significativamente a durabilidade. Além disso, a norma NBR 15575 ainda menciona que negligências nos programas de manutenção reduzem o tempo de vida útil a níveis inferiores ao previsto.

2.1.3 Manutenção

Conforme a NBR 15575-1 (ABNT, 2021), manutenção é definida como “conjunto de atividade a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e seus sistemas constituintes, a fim de atender às necessidades e segurança dos seus usuários”.

A manutenção em edificações desempenha um papel crucial na preservação da integridade estrutural, na segurança dos ocupantes e na valorização do patrimônio. As duas abordagens principais para a manutenção: corretiva e preventiva.

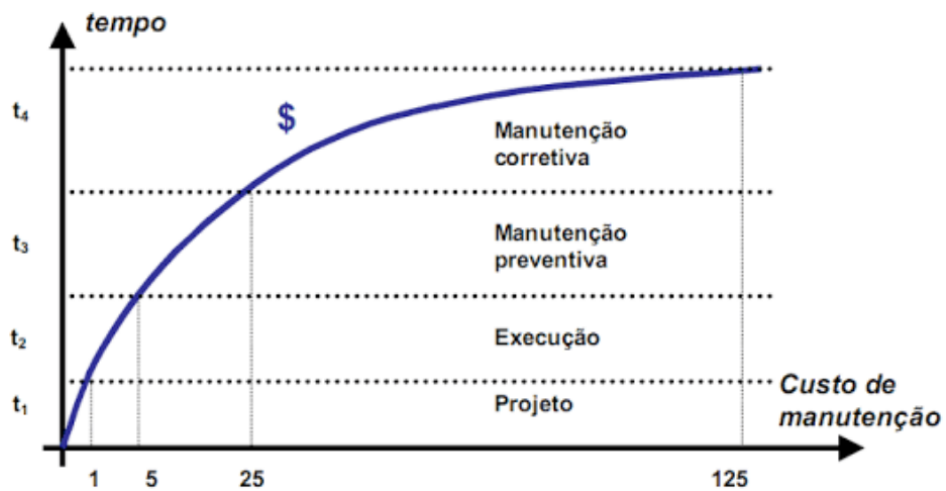
A manutenção corretiva envolve a correção de problemas que já ocorreram, muitas vezes exigindo intervenção imediata. É uma abordagem reativa, que lida com falhas e danos após sua manifestação. Embora inevitável em certos casos, a manutenção corretiva pode ser custosa e até mesmo colocar em risco a segurança dos ocupantes.

Por outro lado, a manutenção preventiva é uma estratégia proativa, realizada de forma programada e regular para evitar falhas e problemas futuros. Inclui inspeções rotineiras, limpeza, substituições e outros serviços.

Em resumo, a manutenção corretiva lida com problemas após sua ocorrência, enquanto a manutenção preventiva busca evitar esses problemas antes que surjam.

Com o passar do tempo e o envelhecimento natural das edificações, somados ao uso inadequado e à falta de manutenção preventiva, a demanda por ações corretivas tem aumentado. A lei da evolução dos custos estabelece que os custos associados à manutenção aumentam geometricamente à medida que os problemas não resolvidos se acumulam. Segundo a Regra de Sitter (Lei da Evolução dos Custos), mostrada na Figura 6, os custos com a correção das manifestações patológicas correspondem a uma progressão geométrica de razão cinco quando comparados aos da manutenção preventiva.

Figura 6 - Lei da evolução dos custos



Portanto, a manutenção preventiva é uma abordagem mais econômica a longo prazo, pois ajuda a evitar gastos excessivos decorrentes de problemas que poderiam ter sido prevenidos ou detectados precocemente. Além disso, muitas vezes observa-se a correção dos danos de maneira paliativa, que não resolve verdadeiramente o problema.

2.1.4 Durabilidade

Segundo a NBR 15575 (ABNT, 2021) durabilidade é caracterizada como “capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas”.

A durabilidade do edifício e de seus sistemas é uma exigência econômica do usuário, pois está diretamente associada ao custo global do bem imóvel. A durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de cumprir as funções que lhe forem atribuídas, quer seja pela degradação que o conduz a um estado insatisfatório de desempenho, quer seja por obsolescência funcional.

A durabilidade de uma edificação ou de seus elementos construtivos está diretamente relacionada às expectativas úteis de vida, considerando o ambiente de exposição dos materiais. De acordo com normas como a ASTM E632-82 (ASTM, 1996), a durabilidade é definida como a capacidade de um material ou sistema de resistência à manipulação ao longo do tempo sob condições específicas de uso e exposição, mantendo suas propriedades e funcionalidades sem perda excessiva de qualidade.

John (1988) apresenta três métodos para medir a durabilidade: avaliar a variação de desempenho ao longo do tempo após a instalação, determinar a vida útil em que o desempenho permanece aceitável com manutenção regular, e realizar ensaios comparativos em relação aos padrões mínimos de manipulação. Silva (2006) destaca que fatores como variações térmicas, umidade, ventos, chuvas, cargas estáticas e dinâmicas, poluição e outros agentes externos influenciam diretamente a durabilidade e a vida útil da edificação.

Essa análise é essencial para decisões desde o projeto até a execução, permitindo adotar estratégias que garantam o desempenho esperado ao longo do tempo, ajustando os materiais e sistemas.

2.2 REVESTIMENTO CERÂMICO EM FACHADA

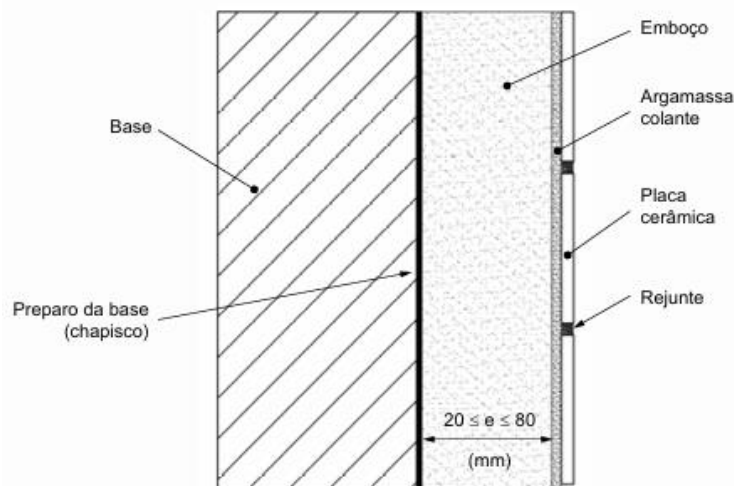
Conforme a NBR 13755 o revestimento externo é definido como o conjunto de camadas superpostas e intimamente ligadas, constituído pela estrutura suporte, alvenarias, camadas sucessivas de argamassas e revestimento final, cuja função é proteger a edificação da ação de chuva, umidade, agentes atmosféricos, desgaste mecânico oriundo da ação conjunta do vento e partículas sólidas, bem como dar acabamento estético. (ABNT, 1996).

Os revestimentos em argamassa são constituídos de uma ou mais camadas, denominadas como emboço, reboco ou maça única, divididas em revestimentos com duas camadas, caso o acabamento seja em pintura e ser constituído de emboço e reboco, ou massa única, acabamento em pintura e emboço quando for base para outros revestimentos.

O revestimento cerâmico é utilizado como alternativa de acabamento para revestimentos de argamassa, tendo como objetivo proteger a base de agentes agressivo, contribuir na estanqueidade, isolamento térmico e acústico das construções, além de proporcionar acabamento estético e valorização econômica.

Os RCFs são constituídos por quatro camadas distintas: base ou substrato, chapisco, camada de regularização (também chamada de emboço), camada de fixação e, por fim, o acabamento, que neste estudo é representado pela cerâmica. No presente trabalho as juntas serão tratadas como uma camada devido à sua relevância para o sistema. Na Figura 7 é possível observar as camadas do revestimento.

Figura 7 – Esquema do revestimento cerâmico aplicado sobre a base



Fonte: ABNT NBR 13755

2.2.1 Base

A base, também chamada de substrato, é a superfície sobre a qual são aplicadas as camadas de revestimento, incluindo chapisco, emboço e argamassa colante, com a função de sustentação e aderência do sistema. Sua qualidade é essencial para a estabilidade e desempenho do revestimento, exigindo características como rugosidade, resistência e absorção de água adequadas.

De acordo com a NBR 13755 (ABNT, 2017), a base deve estar limpa, livre de materiais que prejudiquem a aderência, sem trincas ou som cavo, além de alinhada. Em situações de materiais diferentes na base, como concreto e alvenaria, é necessário adotar juntas ou telas metálicas para evitar fissuras causadas por deformações diferenciais.

As principais características da base é a absorção de água e uma rugosidade considerável para aderência das camadas posteriores, estabilizando o sistema. Nos casos em que a base não possua essas características é necessário realizar o tratamento da base, por meio de chapisco, que melhora a aderência das camadas subsequentes. Antes da aplicação, é importante garantir uma base livre de impurezas, podendo ser lavada com soluções específicas, conforme orientações da NBR 7200 (ABNT, 1998).

2.2.2 Chapisco

O chapisco é um procedimento de preparação da base aplicado tendo como objetivo melhorar a aderência entre a base e as camadas subsequentes do revestimento. Ele uniformiza a superfície quanto à absorção de água, aumenta a rugosidade e contribui para a resistência do sistema de revestimento.

Segundo a NBR 13755 (ABNT, 1999) a dosagem do chapisco deve ter o traço de 1:3 de cimento e areia grossa úmida, entretanto o traço pode variar dependendo da finalidade. A sua espessura média é de aproximadamente 5 mm, variando conforme as características granulométricas da areia utilizada, devendo apresentar características superficiais de planicidade e absorção de água. A aplicação é feita por lançamento ou com rolo, no caso de chapiscos rolados, que podem incluir adesivos poliméricos para superfícies mais lisas, como concreto com desmoldantes. Em ambos

os casos a sua aplicação deve ocorrer de modo que não cubra completamente a base, preservando seus poros para garantir a eficácia do sistema.

2.2.3 Emboço

O emboço é uma camada intermediária do sistema de revestimento, com a função principal de regularizar e encobrir a superfície base, promovendo planicidade e suporte adequado para a aplicação de acabamentos, como revestimentos cerâmicos ou pinturas. É essencial para a durabilidade, estabilidade e integridade do revestimento como um todo, garantindo a ancoragem e a uniformidade na distribuição de esforços mecânicos.

Segundo a NBR 13749 (ABNT, 1996), o emboço deve atender a critérios de planeza, espessura e resistência à tração, variando conforme o ambiente de aplicação (interno ou externo). Para revestimentos cerâmicos, a norma exige que o emboço seja desempenado ou sarrafeado, permitindo ondulações de no máximo 3 mm em uma régua de 2 metros. Para paredes externas com acabamento em pintura ou base para base reboco e cerâmica a norma indica a espessura admissível entre 20 e 30 mm.

Conforme Maciel (1998) a argamassa utilizada no emboço precisa atender a diversas propriedades no seu estado fresco, como massa específica, retenção de água, trabalhabilidade, aderência inicial e retração na secagem. A massa específica influencia diretamente na dosagem da argamassa, sendo calculada de maneira absoluta (desconsiderando os vazios) ou relativa (considerando os vazios). A retenção de água é crucial, pois evita a evaporação precoce, permitindo a hidratação do cimento, o que afeta diretamente a resistência mecânica e a durabilidade.

A trabalhabilidade refere-se à facilidade de aplicação da argamassa, sendo influenciada por fatores como consistência, plasticidade e teor de ar incorporado. Argamassas mais trabalháveis permitem maior aderência ao substrato e melhor preenchimento de irregularidades, entretanto, o excesso de ar pode prejudicar características como resistência e ancoragem.

A aderência entre o emboço e a base é, em grande parte, mecânica, sendo promovida pela penetração da pasta aglomerante nos poros e rugosidades da base. Para atender a esses requisitos, é necessário que o emboço seja compatível com o substrato em termos geométricos, físicos e mecânicos, permitindo trocas de umidade,

absorção de deformações e evitando tensões que poderiam causar fissuração ou descolamento.

Por fim, o emboço deve ser capaz de suportar esforços mecânicos, incluindo tração, compressão e cisalhamento, sem comprometer a estrutura ou o acabamento. Sua formulação típica segue a proporção de traço 1:0,5:5 até 1:2:8 (cimento, cal hidratada e areia média úmida, respectivamente), conforme a NBR 13755 (ABNT, 1999). Essa camada é fundamental para a qualidade e a durabilidade do sistema de revestimento, desempenhando um papel indispensável na construção civil.

2.2.4 Argamassa colante

A argamassa colante desempenha um papel crucial no assentamento de revestimentos cerâmicos, garantindo aderência entre as placas e a base (emboço ou outras camadas). Este material é composto por aglomerantes hidráulicos, agregados minerais e aditivos, que ao serem misturados com água formam uma pasta viscosa, plástica e altamente aderente, conforme definido pela NBR 13755 (ABNT, 1999).

Entre suas principais vantagens estão a aplicação em camada fina, a redução de custos e o aumento da produtividade, já que simplifica o processo de colocação das placas cerâmicas, separando a regularização do acabamento.

Segundo a norma NBR 14081 (ABNT, 1998), a argamassa colante é classificada em quatro tipos:

- Tipo I (Uso Interior): Recomendado para áreas internas com menor exigência de resistência, proporcionando ancoragem mecânica;
- Tipo II (Uso Exterior): Indicado para ambientes externos e áreas sujeitas a cargas, oferecendo ancoragem mecânica e química;
- Tipo III (Alta Resistência): Usado em condições severas, como piscinas, saunas e estufas, devido à alta resistência química e mecânica;
- Tipo III-E (Especial): Similar ao tipo III, porém com maior tempo em aberto devido a aditivos especiais.

A aplicação correta é essencial para evitar problemas como deslocamento e fissuração. A NBR 14081 (ABNT, 2004), recomenda o uso mínimo de argamassa AC-II nos sistemas de revestimento cerâmico em fachadas, sendo aconselhado utilizar panos de no máximo 1 m² no assentamento e que os cordões de argamassa sejam

bem amassados durante o assentamento, para evitar que a aderência seja prejudicada.

Erros na escolha ou aplicação da argamassa podem comprometer o desempenho do revestimento cerâmico, especialmente em locais de alta solicitação, como fachadas de edifícios altos. Assim, o planejamento adequado, alinhado às normas, é indispensável para garantir a durabilidade e funcionalidade do sistema de revestimento.

2.2.5 Placa cerâmicas

Placas cerâmicas são materiais amplamente utilizados em revestimentos de pisos, paredes e fachadas, devido à sua durabilidade, resistência e estética. Elas são compostas de argila e outras matérias-primas inorgânicas, moldadas por extrusão ou prensagem e submetidas a altas temperaturas de sinterização. Podem ser esmaltadas ou não, classificadas como GL (glazed) ou UGL (unglazed), conforme a norma ISO 13006, sendo incombustíveis e resistentes à luz.

Uma das principais vantagens do uso de placas cerâmicas é sua função de proteção ao substrato, contribuindo para a preservação e longevidade do edifício. Além disso, oferecem resistência à abrasão, ataques químicos e intempéries, com baixa higroscopicidade e elevada impermeabilidade. Sua estabilidade é medida pela expansão por umidade (EPU), que deve ser limitada a 0,6 mm/m, segundo a NBR 13818 (ABNT, 1997). Absorção de água também é uma característica importante: para fachadas, recomenda-se absorção máxima de 6%, e em locais sujeitos a temperaturas abaixo de 0 °C, até 3%.

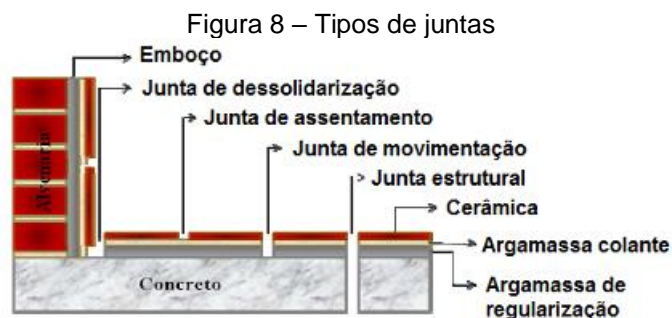
Placas cerâmicas devem atender NBR 13818 e NBR 15463 além de seguir critérios como armazenamento adequado e estar secas durante o assentamento. A correta especificação das propriedades técnicas das placas, como dureza, coeficiente de atrito e resistência à radiação UV, é essencial para evitar manifestações patológicas e garantir eficiência e funcionalidade no uso.

Dessa forma, as placas cerâmicas vão além do aspecto estético, contribuindo para a saúde estrutural do ambiente e reduzindo custos de manutenção ao longo da vida útil do revestimento. Seu uso racional, aliado ao cumprimento das normas técnicas, possibilita eficiência e segurança na construção.

2.2.6 Juntas

No sistema de revestimento cerâmico em fechada sofre movimentações devido as variações de temperatura e sobrecargas, sendo necessário a existência de juntas para aliviar os esforços impostos no revestimento, absorvendo as movimentações do revestimento sem que haja o descolamento da cerâmica.

Existem diversas formas de juntas, sendo elas juntas de assentamento, de movimentação e de dessolidarização, além das juntas estruturais, fazendo parte do projeto estrutural da edificação. A disposição das juntas se encontra na Figura 8.



Fonte: ANTUNES, 2010

A junta de assentamento é descrita pela NBR 13755 (ABNT, 1996) como espaço livre entre duas placas cerâmicas, e suas principais funções estão descritas a seguir, conforme Junginger e Medeiros (2001):

- Facilitar o assentamento das placas e seu ajuste na posição final correta;
- Reduzir o módulo de deformação do pano de revestimento, de modo a permitir a absorção de deformações sem que sejam geradas tensões prejudiciais;
- Disfarçar a variação dimensional intrínseca das placas cerâmicas, permitindo o alinhamento perfeito que não seria possível com junta seca;
- Permitir combinações estéticas que valorizem o conjunto final do revestimento;
- Evitar a entrada de água e elementos potencialmente prejudiciais por trás do revestimento;
- Facilitar a remoção e troca de placas que necessitem de reparo.

Segundo a NBR 15755 (ABNT, 2017) a largura da junta de assentamento deve estar especificada no projeto de revestimento de fachada (PRF), respeitando a largura mínima definida pelo fabricante da placa cerâmica ou pastilha. Para as placas cerâmicas, sugere-se que a largura mínima seja de 5 mm e para as pastilhas, a largura da junta é definida pelo fabricante.

As argamassas de rejuntamento são constituídas de uma mistura industrializada de cimento Portland e outros componentes homogêneos e uniformes, conforme mencionado pela NBR 14992 (ABNT, 2003). O rejunte deve ser capaz de suportar os esforços provenientes da movimentação de as placas cerâmicas e da base, gerando um alívio para o acúmulo natural de tensões sobre o revestimento cerâmico ao longa da vida útil da edificação (Junginger e Medeiros, 2001).

A NBR 14992 (ABNT, 2003) classifica a argamassa de rejuntamento em tipo I e II, variando devido ao local de aplicação, conforme a Tabela 1 , tendo suas características apresentadas na Tabela 2.

Tabela 1 - Classificação e uso da argamassa para rejuntamento.

Classificação da Argamassa	Aplicação
Tipo I	Ambientes interno e externo desde que observadas às seguintes condições: trânsito de pedestre não intenso; placas cerâmicas com absorção de água acima de 3%; e ambiente externo – máximo de 20 m ² piso e 18 m ² para parede
Tipo II	Todas as condições do tipo I; placas cerâmicas com absorção de água inferior a 3%; ambiente com presença de água estancada

Fonte: ABNT NBR 14992, 2003

Tabela 2 - Características de argamassa de rejuntamento

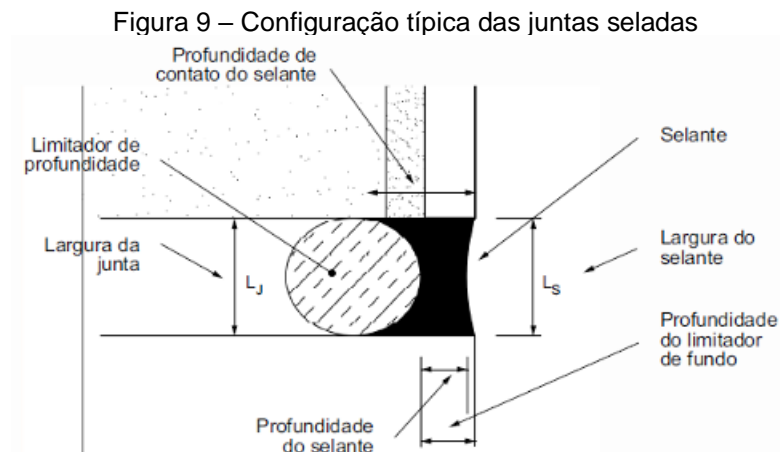
Método/Propriedades	Idade de ensaio	Tipo I	Tipo II
Retenção de água (mm)	10 min	≤ 75	≤ 65
Varição dimensional (mm/m)	7 dias	≤ 2	≤ 2
Resistência à tração na flexão (MPa)	7 dias	≥ 8	≥ 10
Resistência à compressão (MPa)	14 dias	≥ 2	≥ 3
Absorção de água por capilaridade (g/cm ²)	28 dias	≤ 0,60	≤ 0,30
Permeabilidade aos 240 minutos (cm ³)	28 dias	≤ 2,00	≤ 1,00

Fonte: ABNT NBR 14992, 2003

A junta de movimentação é definida pela NBR 13755 (ABNT, 1999) como espaço regular cuja função é subdividir o revestimento, para aliviar as tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento. Sua principal função é subdividir o revestimento para aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento” (SABBATINI, 2017).

As juntas, quando bem projetadas e executadas, induzem o local onde ocorrerá a fratura, ocasionadas pela dilatação e contração dos revestimentos quando submetidos a variações térmicas e de umidade. Nessas áreas, é fundamental prever dispositivos que impeçam que as fissuras permitam a entrada de agentes deletérios, que podem danificar o revestimento, a base e o interior das edificações.

O posicionamento das juntas deve ser determinado em projeto, sendo recomendado pela NBR 13755 (ABNT, 1996) o espaçamento máximo de 3 metros para as juntas horizontais e 6 metros e para as juntas verticais. Sendo necessário atender o fator de forma, relação entre a largura e profundidade da seção formada pelo selante, entre 1,0 e 2,0, variando conforme a natureza do selante. A Figura 9 ilustra a configuração típica das juntas.



Fonte: ABNT NBR 13755, 2017

Entre as principais funções das juntas de movimentações temos, dissipar a tensões geradas por movimentações da base e deformações intrínsecas dos revestimentos, a união ou separação entre revestimentos e componentes do edifício com diferentes coeficientes térmicos e permitir mudanças de planos dos revestimentos. (Ribeiro e Barros, 2007)

As juntas de movimentação são preenchidas por selantes à base de materiais poliméricos, sendo que os mais utilizados são selantes de poliuretano e os de silicone, e abaixo destes há um material compressível com funções de nivelar a junta, controlar a espessura do selante, impedir a aderência do selante na base da junta e a criação de uma superfície não plana.

No locais em que há necessidade de separar o revestimento de diferentes partes do sistema, são posicionadas juntas de dessolidarização, aliviando as tensões provocadas por estes, conforme a NBR 13.755 (ABNT,1999), As juntas são utilizadas em cantos verticais, mudanças de direções dos panos da fachada, encontro de áreas revestidas com pisos e forros, colunas, vigas, ou com outros tipos de revestimentos, e em locais com mudança de materiais que compõem a estrutura-suporte de concreto para alvenaria.

Por fim temos as juntas estruturais, cuja função é aliviar tensões provocadas pela movimentação do concreto, onde a separação física de duas partes da estrutura permite a movimentação de ambas sem haver transmissão de esforços entre elas. As juntas devem estar bem uniformes, com profundidade praticamente igual à espessura da placa.

2.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Segundo Lima (2018), a palavra patologia compreende um termo de origem grega, significando o “estudo das doenças”, geralmente relacionado às áreas da saúde. Entretanto, esse conceito também é utilizado no setor da construção civil, como sendo o estudo das doenças das obras, ou seja, a representação dos danos que foram causados a esta edificação.

As manifestações patológicas ocorrem por inúmeras razões, tendo geralmente origem nas fases de elaboração do projeto e na execução do serviço. Sabbatini (2001) afirma que considerando as etapas do processo de produção de edifícios, a maior parte dos problemas patológicos que ocorrem ao longo de sua vida útil, tem origem nas fases de elaboração do projeto e execução. A inexistência do projeto de RCF possuindo as características definidas de cada camada do sistema, ou equívocos cometidos durante a fase de concepção, consideram apenas parâmetros arquitetônicos, desconsiderando requisitos básicos de execução. No caso

da execução, os problemas ocorrem pela falta de treinamento da mão de obra (BARROS, 1997).

Para Medeiros e Sabbatini (1999) as manifestações patológicas em revestimento cerâmico geralmente são ocasionadas por uma combinação de fatores, sendo um exemplo fissuras e descolamentos, podendo ser geradas fissuras na interface do revestimento e estrutura, ausência de reforço no substrato, ausência de juntas, preenchimento inadequado de juntas, ausência de argamassa no verso da peça cerâmica, não realizar o controle dos limites de tempo em aberto da argamassa e tempo de ajuste dos materiais de assentamento.

Luz (2004) destaca que as manifestações patológicas dos sistemas de revestimentos cerâmicos de paredes externas são caracterizadas pela degradação parcial ou total do sistema, havendo dois níveis de expressão, o nível que não representam riscos para os utilizadores e o que representam riscos para os utilizadores, podendo ocorrer a queda de placas de cerâmica da parede exterior.

2.3.1 Origem das manifestações patológicas

Conforme os autores Berti (2019), a origem das manifestações patológicas se caracteriza na etapa, ou etapas, do processo construtivo em que ocorreram erros, ou falhas, que decorrem os problemas patológicos posteriores.

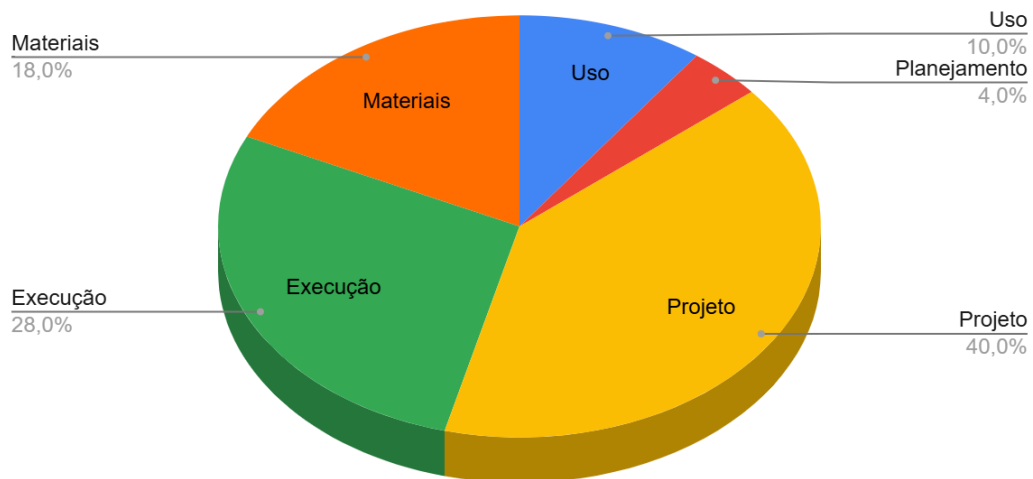
De acordo com Capello (2010), as manifestações patológicas em edificações têm origens multifatoriais, geralmente relacionadas a falhas em diferentes etapas do processo construtivo. Essas podem incluir projetos inadequados, uso de materiais de baixa qualidade, ausência de controle tecnológico, erros durante a execução, falta de preparo das equipes para projetos mais complexos, deficiência na fiscalização por gestores ou responsáveis, mudanças na finalidade original da edificação ou mesmo sua utilização inadequada e ausência de manutenção regular. Esses fatores combinados ou isolados podem comprometer o desempenho e a durabilidade das estruturas, ressaltando a importância de um controle rigoroso em todas as etapas do processo construtivo

Helene (1992) comenta que grande parte das manifestações patológicas tem origem nas etapas do planejamento e projeto, e as falhas decorrentes de tais etapas, geralmente se tornam mais graves, como na etapa de execução, ou dos materiais empregados.

Ripper (2002) categoriza as origens das manifestações patológicas em quatro principais etapas do ciclo de vida de uma obra: a concepção do projeto, a seleção de materiais, a execução e o uso da edificação. O autor ressalta que as etapas de projeto e execução são as maiores responsáveis por essas patologias, devido à influência direta que exercem na qualidade final da construção. Erros nessa fase podem gerar problemas estruturais e funcionais, afetando a durabilidade e a segurança da edificação.

Uma elevada porcentagem das manifestações patológicas tem origem nas etapas de planejamento e projeto Helene (2003), conforme observado na Figura 10, evidenciando os problemas de projeto, que representam cerca de 40% dos casos, seguido pela execução com 28% dos casos.

Figura 10 – Origem das manifestações patológicas relacionadas as etapas da construção civil



Fonte: Adaptado de Helene e Figueiredo, 2003

2.3.2 Causas das manifestações patológicas

Os problemas patológicos estão presentes na maioria das edificações, variando em intensidade e formas de manifestação, conforme Miotto (2010). As causas das manifestações patológicas são entendidas como os agentes que provocam o aparecimento das manifestações patológicas.

As causas das manifestações patológicas podem ser oriundas por diversos fatores, além de determinar o grau de impacto das irregularidades ou falhas em um edifício, as mesmas também devem ser identificadas ao realizar um estudo da manifestação na construção (SANTOS, 2019)

Tutikian e Pacheco (2013) reitera que profissionais experientes conseguem determinar as causas das manifestações patológicas apenas com a inspeção visual, mas por muitas vezes é necessário o uso de ensaios e análise dos projetos para chegar ao diagnóstico.

- Causas associadas à dosagem ou traço: Erros na dosagem ou traço da argamassa utilizada no sistema de revestimento podem gerar problemas como baixa resistência, elevada porosidade, fissuras precoces e outros danos. Traços inadequados também podem comprometer a adesão entre camadas e a durabilidade do sistema como um todo
- Causas na especificação: A especificação inadequada de materiais, especialmente quando feita sem considerar as condições específicas de uso e exposição da edificação, é uma das causas principais das manifestações patológicas. A seleção de materiais incompatíveis ou sem as devidas propriedades para resistir às solicitações pode comprometer a integridade do revestimento
- Causas decorrentes do processo executivo: O processo de execução desempenha papel fundamental na qualidade do revestimento. Problemas como falta de aderência, aplicação incorreta das camadas, ausência de cura adequada e mão de obra não qualificada estão entre os principais fatores que resultam em falhas e danos ao sistema.

- Causas associadas à ação de fatores externos: Fatores ambientais, como variações de temperatura, ação do vento, chuvas, umidade, agentes poluentes e abrasivos, exercem influência direta na degradação do revestimento. Essas ações externas, combinadas com outras falhas de projeto ou execução, podem acelerar o surgimento de manifestações patológicas.
- Causas vinculadas ao comportamento em uso: Durante a vida útil da edificação alterações como movimentações estruturais, sobrecargas não previstas, manutenção inadequada e modificações em elementos construtivos podem alterar as condições inicialmente previstas no projeto, resultando em manifestações patológicas que afetam a funcionalidade e a durabilidade do revestimento.

2.3.3 Tipos de manifestações patológicas

As principais manifestações patológicas que ocorrem no revestimento cerâmico de fachada e que serão abordadas posteriormente são: descolamento, deslocamento, manchamentos e deterioração das juntas.

2.3.3.1 Descolamento e deslocamento

O deslocamento de revestimentos cerâmicos é uma manifestação patológica caracterizada pelo desprendimento das placas cerâmicas da superfície de assentamento. Esse fenômeno ocorre devido à perda de adesão entre as camadas de fixação e pode ser identificado inicialmente por sons ocos ao se percutir a área afetada.

A perda de aderência, segundo Campante e Sabbatini (1999), resulta de falhas ou rupturas na interface entre a cerâmica e a argamassa colante, ou entre a argamassa e o substrato, causadas por tensões que superam a resistência das ligações.

Segundo Medeiros e Sabbatini (1999) o descolamento é uma das manifestações patológicas mais críticas no revestimento cerâmico de fachada, dados os riscos de acidente em virtude da queda de placas ou partes das camadas.

Ainda de acordo com Sabbatini (2001), o descolamento de revestimentos tende a ocorrer após o primeiro ano de uso do edifício, sendo mais comum em pavimentos superiores e inferiores, possivelmente devido às maiores solicitações sofridas nessas áreas. Além disso, é mais frequente em regiões sujeitas a deslocamentos estruturais significativos, como balanços, e em fachadas expostas a altas radiações solares, que intensificam as variações térmicas.

CAMPANTE (2001) considera que a quebra sucessiva nas ligações mecânicas (ocorrência de fadiga) entre as diversas camadas do subsistema represente a principal origem dos destacamentos nos sistemas de revestimentos cerâmicos de fachadas dos edifícios brasileiros.

No geral, os deslocamentos dos revestimentos cerâmicos podem estar associados a inúmeras causas, como falhas de projeto e de execução, dentre elas destacam-se as seguintes:

- Juntas de movimentação executadas de maneira inadequada e/ou inexistentes/insuficientes;
- Emboço de baixa resistência;
- Pulverulência elevada no substrato e outros materiais contaminantes, tais como óleos ou graxas;
- Presença de quantidade em excesso de engobe no tardo das peças cerâmicas;
- Inexistência de dupla colagem em revestimentos com presença de área maior ou igual a 400 cm²;
- Utilização de argamassa após o tempo em aberto;
- Não esmagamento dos cordões de assentamento.
- Umidade e infiltrações que prejudicam a aderência.
- Movimentações higroscópicas e térmicas do substrato ou estrutura.
- Execução com mão de obra despreparada e ausência de inspeção técnica.
- Outros fatores contribuintes incluem deformações estruturais (como recalques ou fluência do concreto), choques térmicos em fachadas expostas ao sol e cargas variáveis, como vento ou vibrações.

De acordo com MORAIS; RESENDE (2000) as duas principais causas que provocam o destacamento das placas cerâmicas dos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas são a falta de ensaios de materiais e falta de treinamento de mão de obra.

Segundo Just e Franco (2001), as origens das manifestações patológicas em edificações, com destaque para os sistemas de revestimento cerâmico de fachadas, podem ser sintetizadas em quatro aspectos principais:

- **Materiais:** utilização de componentes como cerâmicas, juntas, rejuntas, argamassas, cimento, cal, areia e suas misturas em desacordo com as especificações das normas brasileiras ou, na ausência destas, de normas internacionais ou pesquisas especializadas.
- **Projeto:** falhas na concepção da edificação, incluindo falta de coordenação entre projetos, escolha inadequada de materiais e negligência em aspectos básicos, como o posicionamento de juntas de dilatação e o uso de telas metálicas.
- **Produção:** ausência de controle no recebimento dos materiais, preparo inadequado das misturas, desrespeito aos prazos mínimos para liberação dos serviços e falta de supervisão na execução das camadas do sistema de revestimento, especialmente no assentamento das cerâmicas.
- **Uso:** fatores relacionados à operação e manutenção ao longo da vida útil do componente, essenciais para garantir o desempenho adequado do conjunto.

Silva (2014) explica que a descolagem da cerâmica é a perda de adesão e pode ser entendida como trincas ou quebras na interface da peça cerâmica com a camada fixa ou na interface desta camada com o substrato. O autor cita que o desprendimento de revestimentos cerâmicos em fachadas pode ocorrer nas interfaces azulejo/argamassa colante, argamassa colante/reboco, reboco/reboco e manta/suporte.

2.3.3.2 *Manchamentos*

Segundo Gail (2020), diversos fatores que podem ocasionar manchas nos revestimentos cerâmicos, sendo ocasionadas em grande maioria por falhas executivas ou devido baixa qualidade dos materiais utilizados. Porém, a principal causa das manchas está relacionada a não eliminação da umidade na subcamada do revestimento na execução e transmitindo-a ao revestimento, gerando manchas no revestimento

Conforme Souza, Reboita, Werle e Costa (2017), as variações atmosféricas exercem uma influência significativa na degradação dos materiais utilizados na construção civil. Fatores como radiação solar, variações de temperatura, precipitação, vento e poluição desempenham um papel determinante na redução da vida útil das estruturas, o que representa um desafio constante para os construtores contemporâneos. Como os materiais cerâmicos estão entre os mais suscetíveis a essas variações climáticas, ao serem expostos a condições adversas, como mudanças de temperatura, umidade ou agentes agressivos, esses materiais apresentam manifestações patológicas como fissuras, variações volumétricas (expansão ou retração) e eflorescências, sendo estas as manifestações patológicas mais recorrentes, que serão apresentadas a seguir.

A eflorescência, em particular, é descrita como o resultado de reações químicas envolvendo sais solúveis dissolvidos em água. Quando a água evapora, esses sais cristalizam, formando manchas visíveis na superfície do revestimento. Tais manchas, frequentemente de coloração esbranquiçada, são mais evidentes em fachadas e representam um dos principais desafios relacionados à manchamentos de revestimentos cerâmicos. Conforme Roscoe (2008), a eflorescência ocorre devido à dissolução dos sais presentes na argamassa ou nos componentes cerâmicos, ou devido à contaminação externa e seu posterior transporte através do material poroso pela água. Se durante esse transporte a concentração de sais na solução aumentar (devido à perda de água ou aumento da quantidade de sal), eles podem sofrer um processo de cristalização e causar esse fenômeno. Essa cristalização ocorre na superfície, causando o intemperismo mais comum e visível; se ocorrer no interior do material, causa o intemperismo, muitas vezes difícil de identificar.

A realização de manutenções preventivas no período adequado é uma das formas de evitar o aparecimento de eflorescência nos revestimentos cerâmicos, impedindo a formação de aberturas ou falhas que permitam a penetração de água e, conseqüentemente, de sais que possam danificar o revestimento.

Segundo CICHIELLI (2006) o aparecimento de fungos e algas pode aparecer na argamassa de rejuntamento, que é ocasionado pelo uso de argamassa de alta porosidade sem adição de agentes de resistência e desses microrganismos.

A presença de mofo, ou microrganismos responsáveis por sua formação, ocorre e se prolifera em condições climáticas favoráveis, como ambientes com elevada umidade, pouca ventilação e iluminação insuficiente. De acordo com Aruch. (1988), o desenvolvimento de mofo em edificações exige uma umidade relativa do ar superior a 75%, além de temperaturas que variam entre 10°C e 35°C. Fora desses limites, o comportamento do mofo apresenta grande variação, dependendo da espécie envolvida e das características do meio. Algumas espécies, por exemplo, demonstram crescimento significativo em ambientes cujo pH seja ligeiramente superior a 7.

Para mitigar e prevenir a formação de mofo em edificações, torna-se essencial a aplicação de fungicidas nos revestimentos, bem como a adoção de medidas que controlem os fatores ambientais propícios à sua proliferação, como a redução da umidade, a melhoria da ventilação e a adequação da iluminação dos espaços.

2.3.3.3 *Deterioração das juntas*

A deterioração das juntas de assentamento e de movimentação afetam diretamente o desempenho e a durabilidade dos revestimentos, sendo responsáveis pela estanqueidade do revestimento e possuindo capacidade de absorver deformações, o mau desempenho destes elementos causa danos ao sistema de vedação do edifício (MOURA, 2004). As principais causas estão relacionadas a: falta de manutenção das juntas, material inadequado ou envelhecimento.

A calafetagem insuficiente das juntas de assentamento permite a infiltração de água na argamassa de assentamento e no corpo cerâmico, ocasionando impactos significativos nas propriedades dos materiais. Essa infiltração promove processos de expansão e contração devido à absorção de água, além de gerar pressão de vapor d'água no interior do sistema, resultando em intemperismo localizado e comprometendo a integridade e a durabilidade do revestimento cerâmico.

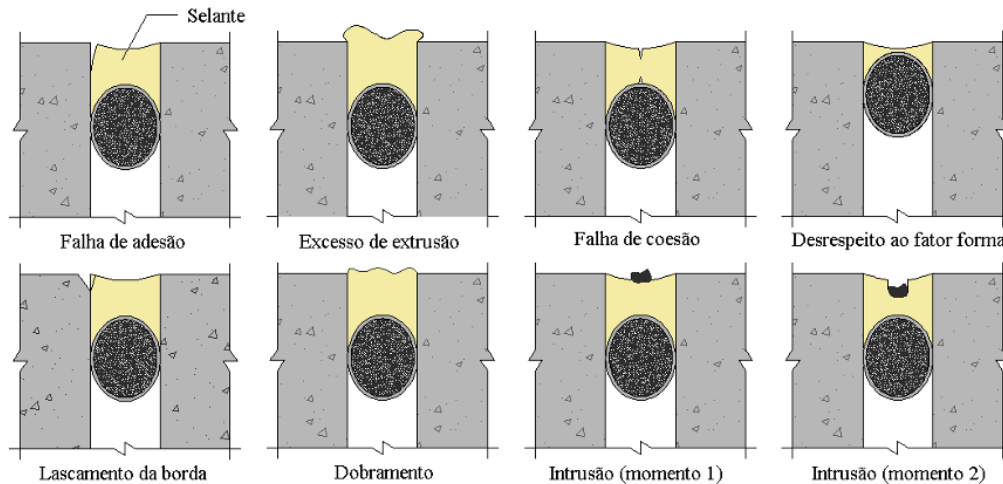
A deterioração das juntas de assentamento pode ocorrer entre outras razões devido a impactos nas regiões de encontro especialmente com as esquadrias; pela ação das intempéries (insolação, ação da água) (SARAIVA, 1998); fadiga do rejunte por ciclos higrotérmicos; envelhecimento, manifestado nas resinas de origem orgânica pela alteração da cor; especificação e/ou uso e aplicação errônea do rejunte que podem implicar em elevada porosidade superficial e baixa resistência mecânica; infiltração de produtos potencialmente agressivos e água. Todos estes fatores podem implicar em fissuração e posterior queda do rejunte da fachada.

Quanto às juntas de movimentação e de dessolidarização, sua deterioração, para Fontenelle e Moura (2004), pode ser sinalizada pela perda de estanqueidade da junta e envelhecimento do material de preenchimento, e apesar de afetar diretamente as argamassas de preenchimento compromete o desempenho dos revestimentos cerâmicos como um todo. A perda de estanqueidade pode ocorrer logo após a execução das juntas e agravar-se ao longo do tempo devido a fatores como a realização de procedimentos inadequados de limpeza, envolvendo o uso de ácidos e bases concentradas, bem como pela ação de agentes atmosféricos agressivos e comunicado.

Para Beltrame e Loh (2009), os danos incidentes sobre as juntas estão principalmente a deficiências de projeto e especificação das juntas, escolha incorreta do selante, aplicação sobre substrato contaminado ou com umidade acima dos limites

admissíveis, aplicação em temperatura inadequada, defeitos na preparação de superfícies, falhas durante a aplicação dos selantes. Os principais tipos de falhas podem ser visualizados na Figura 11.

Figura 11 – Principais tipos de falhas relacionadas à deterioração das juntas



Fonte: Adaptado de Beltrame e Loh, 2009

Em se tratando do material de preenchimento das juntas de movimentação é comumente utilizados selantes à base de poliuretano, polissulfetos e silicone, sendo esses de origem orgânica contribuindo para um processo de envelhecimento mais acelerado (Fontenelle e Moura, 2004). A durabilidade desses materiais é, em média, de cinco anos, embora existam produtos no mercado com garantias prolongadas de até 20 anos. A remoção desses selantes ocorre não apenas devido a fatores normalmente associados às juntas de assentamento, mas também pela ação de microrganismos. Por essa razão, recomenda-se que, após o término do período de garantia, os selantes sejam submetidos a inspeções periódicas e substituídas quando necessário, a fim de garantir a funcionalidade e a durabilidade do sistema de juntas

A realização do preenchimento das juntas com camadas excessivamente finas de selante, suscetíveis à fissuração precoce, e ao uso indevido de materiais rígidos em juntas que requerem deformabilidade, provocam infiltrações, comprometem o emboço e prejudicam a aderência das placas cerâmicas. A prevenção envolve o cumprimento das especificações geométricas previstas no projeto, o controle de execução, a seleção correta de materiais e a observância às normas técnicas aplicáveis

2.4 ENSAIOS

Neste item estão abordados a conceituação e apresentação quanto aos ensaios realizados no objeto de estudo.

2.4.1 Ensaio de resistência a aderência a tração em revestimento cerâmico

Segundo a NBR 13755 (ABNT, 2017) o ensaio de resistência de aderência tem por objetivo inferir a qualidade do processo de produção do revestimento segundo o requisito de resistência mecânica. O local a ser ensaiado deve estar concluído há pelo menos 28 dias, e se tratando de um ensaio de produto concluído, ele é fundamental como indicador de qualidade do processo, necessitando de controle do seu processo para que as correções possam ser realizadas em tempo hábil.

Os requisitos e critérios de aceitação da resistência de aderência das placas ao emboço e resistência superficial do emboço estão dispostas na Figura 12, havendo a necessidade da realização de no mínimo doze corpos de prova em um ensaio, distribuídos de maneira esparsa e homogênea ao longo da área em análise, e caso menos de oito corpos de prova possuam valores de resistência sejam superiores a 0,3 MPA, a amostragem está reprovada.

Figura 12 – Resistência de aderência – Requisitos e critérios de aceitação do sistema de revestimento

Ensaio	Amostragem mínima	Resultado do ensaio MPa	Comentários
Resistência superficial	12 CP a cada 2 000 m ²	Pelo menos oito CP $\geq 0,5$	Aprovado
		$0,3 \leq$ oito CP $< 0,5$	Consultar responsável pelo projeto
		Menos de oito CP $\geq 0,3$	Reprovado
Aderência das placas ao emboço	12 CP a cada 2 000 m ²	Pelo menos oito CP $\geq 0,5$	Aprovado
		$0,3 \leq$ oito CP $< 0,5$	Consultar responsável pelo projeto
		Menos de oito CP $\geq 0,3$	Reprovado

Fonte: ABNT NBR 13755:2017

De acordo a norma, as áreas de revestimento que apresentem aspecto insatisfatório devem ser reexecutadas ou reparadas, sendo realizadas a reexecução

ou o reparo após a identificação das causas prováveis dos problemas observados. Estes serão submetidos a uma nova inspeção para verificar sua conformidade com a norma.

No que tange os procedimentos adotados no ensaio, os corpos de prova não podem ser posicionados a menos de 15 cm de quinas, requadros de janelas, passagem de tubos etc., além do descarte do corpo de prova em caso de presença de materiais estranhos ao emboço, como telas de reforço, podendo comprometer os resultados. Sua dimensão é de um quadrado com lados com 100mm, delimitado por corte seco com disco diamantado ou similar, sendo que o corte não pode seccionar o emboço, mas apenas a totalidade da espessura das placas cerâmicas e parte da argamassa colante. O corte pode ser realizado antes ou após a colagem da pastilha metálica.

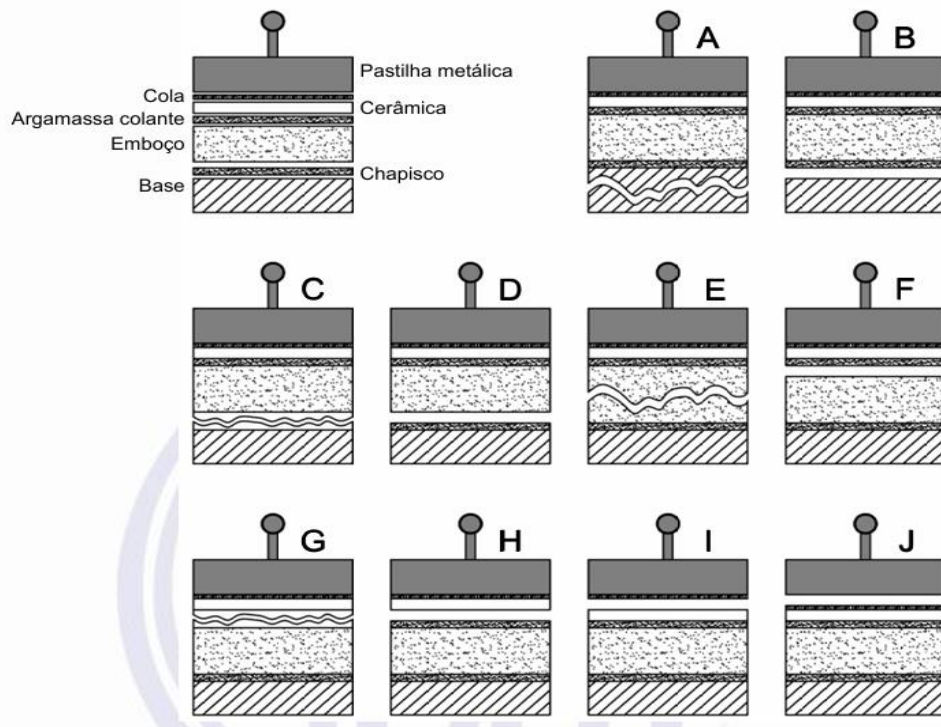
Após a correta colagem da pastilha metálica, conforme procedimento exposto em norma, deve ser acoplado o equipamento de tração à pastilha metálica e aplicar a carga de maneira lenta, progressiva e perpendicular, sem interrupções e com velocidade de carregamento de (250 ± 50) N/s.

O resultado obtido pelo equipamento é a carga de ruptura, em newtons, e ao dividi-lo pela área da pastilha metálica, em milímetros quadrados, se obtém a resistência de aderência. A ruptura do corpo de prova pode ocorrer entre as interfaces ou no interior de uma das camadas do revestimento, conseqüentemente, é necessário classificar a forma de ruptura junto com o valor de resistência de aderência, havendo dez maneiras diferentes de ocorrer, sendo elas:

- a) ruptura no interior da base;
- b) ruptura na interface chapisco/base;
- c) ruptura do chapisco;
- d) ruptura na interface chapisco/emboço;
- e) ruptura no interior do emboço;
- f) ruptura na interface argamassa colante/emboço;
- g) ruptura no interior da argamassa colante;
- h) ruptura na interface argamassa colante/placa cerâmica;
- i) ruptura na interface cola/placa cerâmica;
- j) ruptura na interface cola/pastilha metálica.

A Figura 13 representa as formas de ruptura do corpo de prova

Figura 13 - Formas de ruptura do corpo de prova



Fonte: ABNT NBR 13755:2017

Há a possibilidade da ocorrência de múltiplas formas de ruptura em um mesmo corpo de prova, neste caso, é anotada a porcentagem aproximada da área de cada forma de ruptura.

Entre os aspectos mais relevantes analisados nos ensaios está o tipo de ruptura dos testemunhos ou corpos de prova submetidos aos testes. A NBR 13749 (ABNT, 2013) estabelece limites de resistência de aderência à tração específicos para revestimentos em emboço e camada única, oferecendo diretrizes claras para a avaliação da integridade dessas camadas, conforme mostra a Figura 14.

Figura 14 – Valores mínimos de resistência de aderência à tração.

Local		Acabamento	Ra (MPa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	≥ 0,20
		Cerâmica ou laminado	≥ 0,30
	Externa	Pintura ou base para reboco	≥ 0,30
		Cerâmica	≥ 0,30
Teto			≥ 0,20

Fonte: ABNT NBR 13749:2013

2.4.2 Ensaio de percussão em revestimento cerâmico

O ensaio de percussão é utilizado para avaliar a integridade do revestimento em fachadas, diagnosticando as manifestações patológicas presentes em paredes de revestidas com revestimento cerâmico.

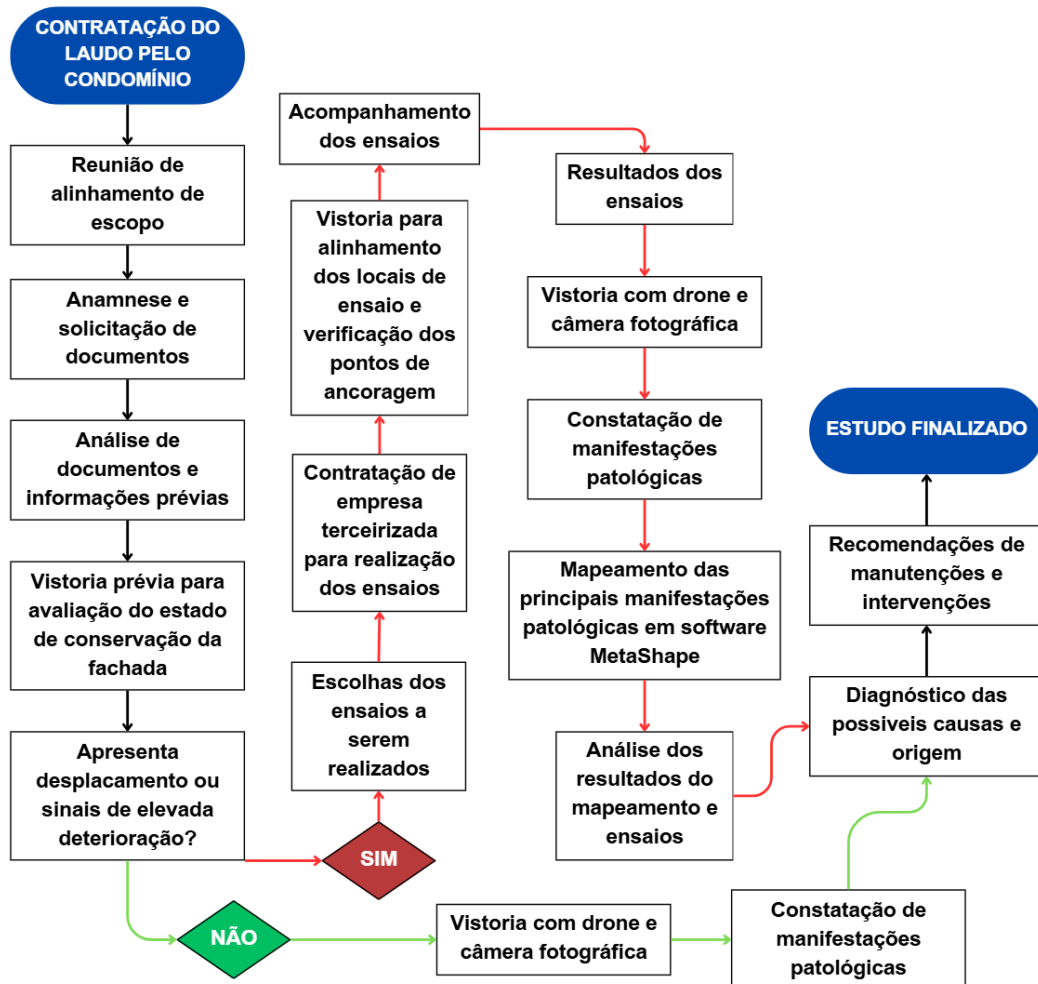
A partir do som emitido pela percussão é identificado as irregularidades presentes na fachada, como vazios, fissuras e deslocamentos. O som varia conforme tipo de revestimento e espessura, entretanto na maioria dos casos apresenta um som claro e metálico em locais com boa aderência integridade, abafado ou oco em locais com baixa aderência ou com descolamento da superfície e grave ou surdo em locais com presença de vazios ou bolhas de ar na superfície.

A realização do ensaio verifica a necessidade de reparos ou manutenção preventiva, previne acidentes e danos gerados por queda de revestimentos e atente a exigência de inspeção periódica das fachadas de edifícios estabelecida por norma. Segundo a norma ABNT NBR 5674:2024 - Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção, no modelo para a elaboração do programa de manutenção preventiva é recomendado a cada ano a verificação da integridade e reconstituição, onde necessário, e a cada três anos efetuar lavagem da fachada, verificar os elementos e, se necessário, solicitar inspeção e atender às prescrições do relatório ou laudo inspeção

3 METODOLOGIA

De maneira esquemática, na Figura 15, se faz apresentada a metodologia utilizada para realização do presente estudo. Vale destacar que, para facilitar o entendimento, alguns dos procedimentos foram simplificados na figura mencionada.

Figura 15 - Fluxograma da metodologia do estudo



Fonte: Autoria própria

Para fundamentar a dissertação do estudo, foram utilizadas análises relacionadas ao tema em questão, além da interpretação de outros trabalhos acadêmicos de tema semelhante.

3.1 LIMITAÇÕES DA METODOLOGIA

A análise será realizada apenas no revestimento cerâmico das fachadas do edifício, tendo em vista que os ensaios e vistorias no revestimento argamassado não foram finalizados até o momento da entrega desse trabalho.

Desta forma, optou-se apenas a utilização das vistorias e ensaios realizados no revestimento cerâmico das fachadas, finalizados no dia 01 de outubro de 2024.

4 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo consiste em um edifício localizado na cidade de Florianópolis-SC, inaugurado em 10 de dezembro de 2015. O edifício possui um subsolo, térreo, garagem, cinco pavimentos tipo e cobertura, sendo revestido por revestimento cerâmico e revestimento argamassado com acabamento em pintura.

A Lei Geral de Proteção de Dados (Lei nº 13.709/2018 - LGPD) estabelece princípios e normas claras quanto ao tratamento de dados pessoais, exigindo que instituições e indivíduos se atentem à minimização e anonimização de dados sempre que possível. A fim de garantir a conformidade com a LGPD, as informações que poderiam identificar a localização exata do imóvel analisado neste trabalho - tais como nomes de ruas, números ou outros dados específicos de geolocalização - foram removidas.

A Figura 16 representa a localização do imóvel, por sua vez a Figura 17 e a Figura 18 a seguir indicam as vistas das fachadas.

Figura 16 – Localização do condomínio onde está situado o objeto de estudo.



Fonte: Autoria própria

Figura 17 – Vista da fachada frontal e dos fundos do condomínio.



Fonte: Autoria própria

Figura 18 – Vista das fachadas laterais do condomínio.



Fonte: Autoria própria

As fachadas do edifício possuem pastilhas cerâmicas em todas as fachadas, sendo divididas em três cores, cinza claro, cinza escuro e branco, possuindo dimensões de 7,5x7,5 cm. As pastilhas cerâmicas de cor cinza claro estão presentes apenas na fachada norte, com 33 m². As pastilhas de cor cinza escuro e branco estão dispostas em todas as fachadas, com a quantidade presente em cada fachada disposta na Tabela 3.

Tabela 3 - Fachadas com presença de pastilhas cerâmicas

Orientação fachada	Revestimento	Área (m²)
Norte	Pastilha Cerâmica modelo Branco Mesh 7,5x7,5(INCEPA)	330,52
	Pastilha Cerâmica modelo Estudio Cinza Claro Mesh 7,5x7,5 (INCEPA)	33,63
	Pastilha cerâmica modelo Estudio Cinza Escuro Mesh 7,5x7,5 (INCEPA)	151,75
Sul	Pastilha Cerâmica modelo Branco Mesh 7,5x7,5(INCEPA)	208,54
	Pastilha cerâmica modelo Estudio Cinza Escuro Mesh 7,5x7,5 (INCEPA)	29,45
Oeste	Pastilha Cerâmica modelo Branco Mesh 7,5x7,5(INCEPA)	108,46
	Pastilha cerâmica modelo Estudio Cinza Escuro Mesh 7,5x7,5 (INCEPA)	74,7
Leste	Pastilha Cerâmica modelo Branco Mesh 7,5x7,5(INCEPA)	133,21
	Pastilha cerâmica modelo Estudio Cinza Escuro Mesh 7,5x7,5 (INCEPA)	64,79

Fonte: Autoria própria

4.1.1 Anamnese

A anamnese é o processo de levantamento inicial de informações sobre o histórico, as características e as condições de um edifício, realizado antes de uma análise técnica detalhada. Inspirada no conceito médico de investigação do histórico de um paciente, essa etapa permite "diagnosticar" o estado da edificação, identificando possíveis problemas, entendendo o contexto de uso e orientando as próximas fases da inspeção.

Esse levantamento inicial é essencial para conduzir o laudo e as vistorias, evitando a omissão de informações críticas e priorizando as áreas mais relevantes da investigação. Ao compreender o histórico do edifício, é possível direcionar a identificação das causas das manifestações patológicas, como falhas construtivas, falta de manutenção ou mudanças não planejadas, otimizando o diagnóstico e as soluções propostas.

A primeira anamnese ocorreu no contato inicial da síndica com o setor comercial da empresa que disponibilizou o objeto de estudo, para contratação do laudo. Nesta ocasião, a síndica relatou que a localidade é considerada, por ela e pelos condôminos, a mais crítica do condomínio devido ao estado em que se encontra o

revestimento cerâmico da fachada, havendo a iminência de ocorrência de deslocamento do revestimento cerâmico.

Além disso, devido a litígios envolvendo a construtora do empreendimento, não foram realizadas manutenções preventivas ou corretivas na fachada desde a entrega da edificação. Assim, caso haja a existência de vícios construtivos iniciais, tais irregularidades foram significativamente agravadas pela deterioração natural ao longo do tempo.

Através do contato com a síndica do condomínio foi possível adquirir documentos como o memorial descritivo do condomínio, tendo como objetivo obter informações referentes aos materiais, os métodos construtivos utilizados e manutenções realizadas.

A partir das informações relatadas em anamnese e documentos obtidos nesta etapa, fora realizada o agendamento das vistorias, etapa essa retratada no capítulo seguinte.

4.1.2 Vistorias

A primeira vistoria ocorreu em 18 de setembro de 2024, sendo realizada pela equipe de engenharia da empresa contratada para realizar o laudo de fachada do condomínio, tendo como intuito avaliar o estado de conservação do edifício. Após a avaliação, devido a intensidade das manifestações patológicas presentes na fachada do edifício resultou-se na recomendação da realização de ensaios de percussão e resistência a aderência a tração no revestimento cerâmico das fachadas, tendo como objetivo principal identificar os locais com sinais de descolamento.

As vistorias, os ensaios de percussão e de arrancamento ocorreram entre os dias 18/09/2024 e 20/11/2024

Nos dias posteriores à primeira vistoria, as empresas terceirizadas contratadas para realizar os ensaios mencionados compareceram ao edifício acompanhadas pelos engenheiros responsáveis pelo laudo técnico. Durante essa etapa, foram definidos os locais onde seriam realizados os ensaios, bem como a cor e o formato das demarcações para o ensaio de percussão, de modo a garantir organização e precisão nos procedimentos.

Na cobertura do edifício, foi realizada a inspeção detalhada dos pontos de ancoragem, visando assegurar a proteção necessária para os trabalhadores que

atuariam em altura, em conformidade com as normas de segurança. Além disso, foram registrados fotograficamente o estado das telhas de fibrocimento e revestimentos antes da realização dos ensaios, como medida preventiva para documentar as condições iniciais e resguardar tanto os profissionais responsáveis pelos serviços quanto o condomínio.

Durante a realização dos ensaios houve o acompanhamento dos engenheiros junto as empresas terceirizadas, visando garantir a segurança dos condôminos, usuários, transeuntes e prestadores de serviço. Para tal fim, fora monitorado o isolamento dos locais em que estavam sendo realizados os ensaios, bem como a correta ancoragem do trabalhador em altura.

Após o término dos ensaios foram realizados voos de drone para posterior levantamento em software 3D. Inicialmente foi elaborado o planejamento do voo, considerando-se a área de estudo, as condições climáticas e as restrições de segurança. O percurso do drone foi definido para cobrir toda a estrutura, garantindo ângulos variados e sobreposição adequada entre as fotografias, a fim de assegurar a precisão do modelo tridimensional.

4.1.3 Orientação solar

Dentre os inúmeros fatores externos que influenciam na incidência de avarias, destaca-se, a incidência solar. As características de cada orientação geográfica em edificações situações no hemisfério sul, estão descritas de maneira sintética no Quadro.

Quadro 1 - Orientação geográfica e suas características de insolação.

Orientação	Características
Leste	Sol todas as manhãs em todas as estações.
Oeste	Sol todas as tardes em todas as estações.
Norte	Sol mais baixo durante todo o dia no inverno e em boa parte da primavera e outono. Sol mais alto no verão, que incide poucas horas do dia.
Sul	Sol inexistente no inverno. Sol pouco presente no outono e na primavera, no início e final do dia. Sol mais presente no verão, no início e final do dia, desaparecendo por volta do meio-dia para fachada.

Fonte: Autoria própria

Compreender a interação entre a luz solar e a umidade na fachada é fundamental para identificar e diagnosticar as manifestações patológicas que afetam esses elementos. Fachadas expostas a uma maior incidência solar, como aquelas voltadas para o norte e oeste no Hemisfério Sul, experimentam ciclos térmicos mais intensos de aquecimento e resfriamento, o que provoca a expansão e a contração dos materiais. Esse fenômeno aumenta a probabilidade de fissuras e do descolamento das peças cerâmicas. Além disso, a exposição contínua aos raios ultravioleta acelera o desgaste de rejuntas e cerâmicas, tornando essas superfícies mais suscetíveis a infiltrações. Por outro lado, fachadas com menor incidência solar, como as voltadas para o sul, tendem a acumular maior quantidade de umidade, criando um ambiente favorável ao surgimento de manchas, fungos e eflorescências, além de prejudicar a aderência dos revestimentos ao longo do tempo.

Conforme previamente mencionado, a orientação geográfica da fachada implica uma variação na incidência solar, na umidade, nos ventos e em outras variáveis, as quais influenciam o surgimento de danos. Dessa forma, a fim de facilitar a localização das avarias a serem descritas a seguir, torna-se imprescindível adotar um padrão de orientação, o qual está claramente destacado na figura na Figura 19.

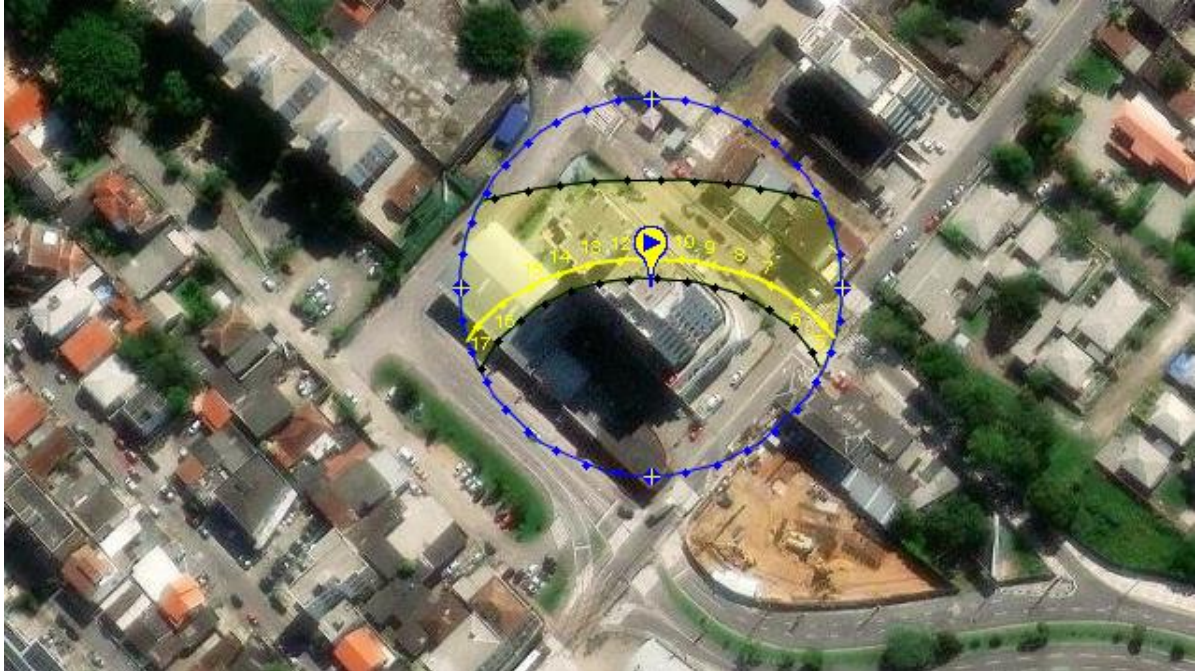
Figura 19 – Orientações geográficas aproximadas das fachadas do condomínio.



Fonte: Autoria própria

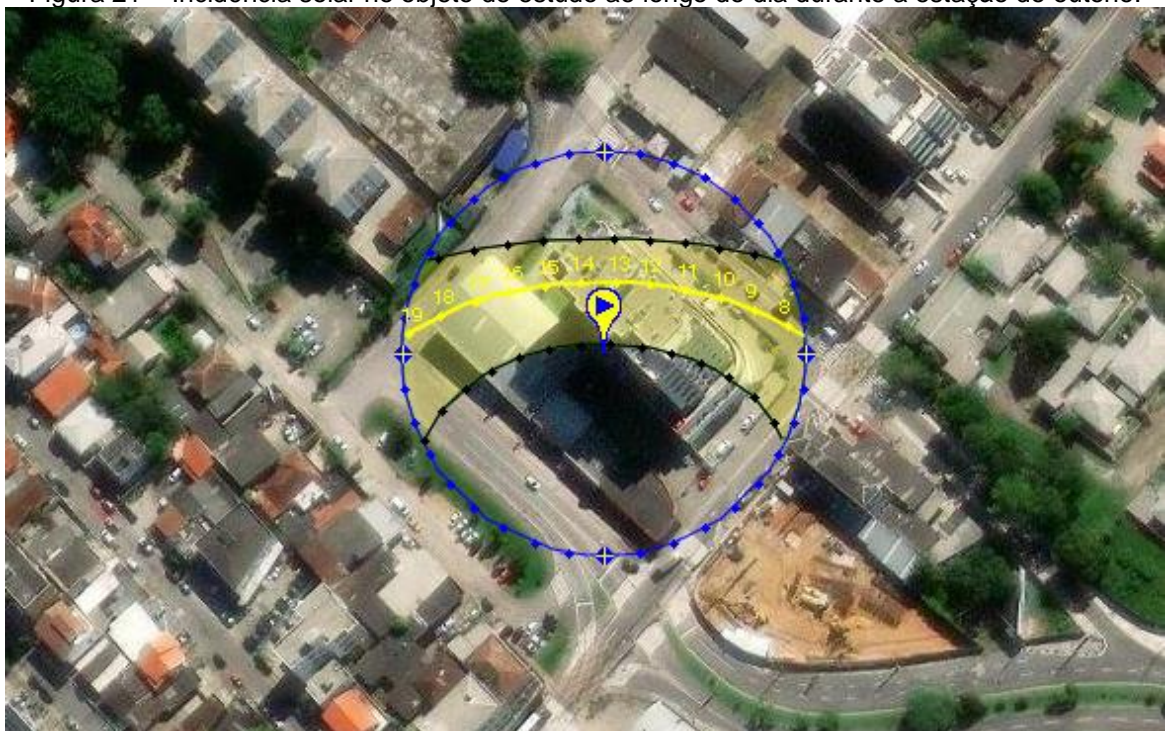
De modo a obter uma análise da incidência solar durante as quatro estações do ano, efetuou-se a inserção da localização do objeto de estudo em um software Sol-Ar, mostrado nas Figura 20 a Figura 23.

Figura 20 – Incidência solar no objeto de estudo ao longo do dia durante a estação do verão.



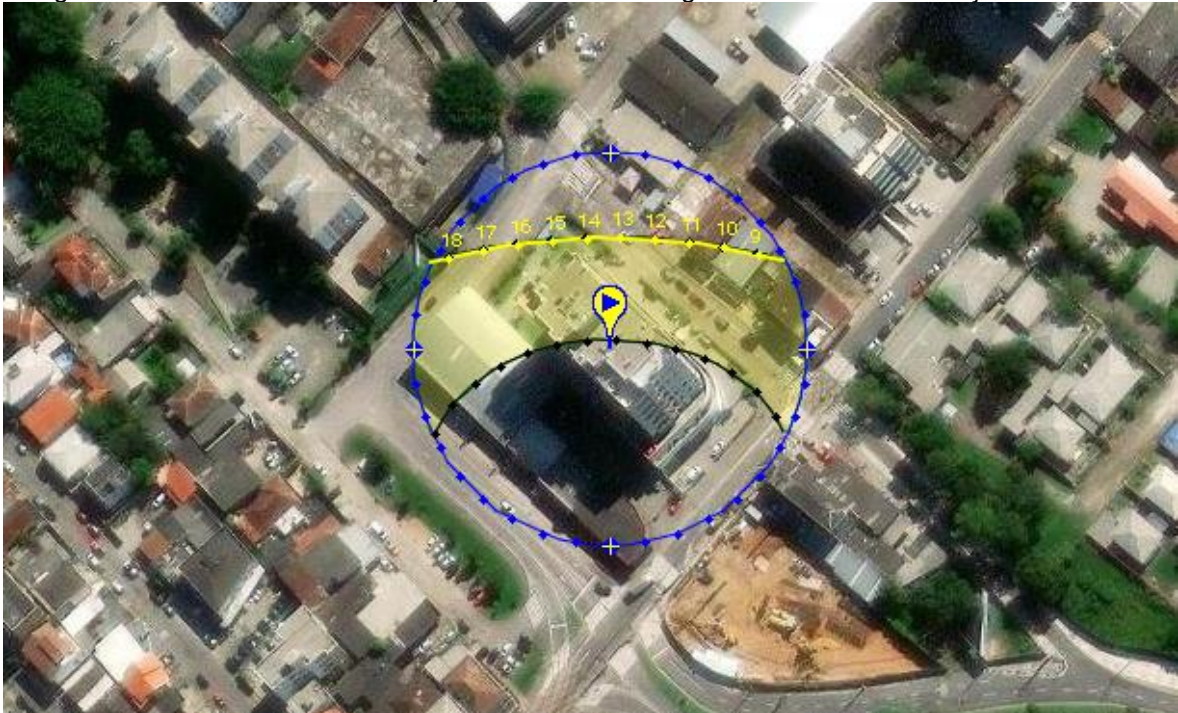
Fonte: Software Sol-Ar

Figura 21 – Incidência solar no objeto de estudo ao longo do dia durante a estação do outono.



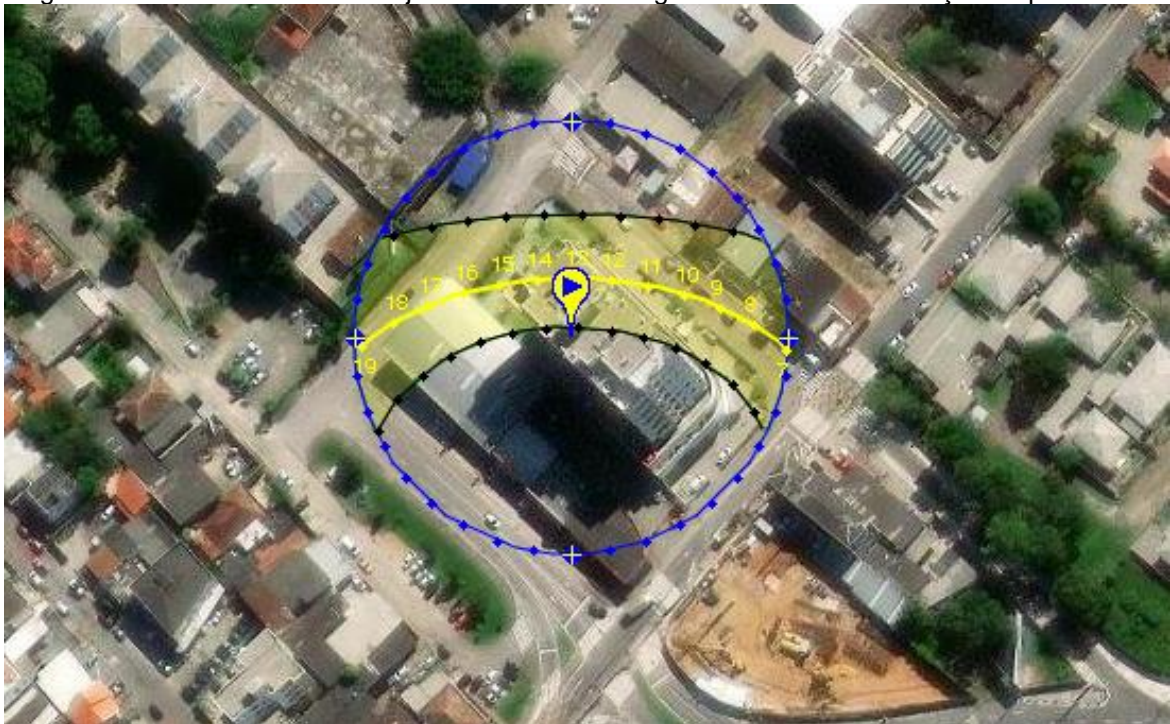
Fonte: Software Sol-Ar

Figura 22 – Incidência solar no objeto de estudo ao longo do dia durante a estação do inverno.



Fonte: Software Sol-Ar

Figura 23- Incidência solar no objeto de estudo ao longo do dia durante a estação da primavera.



Fonte: Software Sol-Ar

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste item estão abordadas as principais manifestações patológicas observadas no edifício e os resultados dos ensaios realizados.

5.1 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS OBSERVADAS

Nas fachadas foram observados alguns indícios de falta de manutenção, bem como de vícios construtivos. De modo geral, é amplamente reconhecido que os problemas relacionados aos revestimentos cerâmicos em fachadas possuem uma gravidade significativa, uma vez que eventuais descolamentos desses elementos podem representar riscos tanto para os transeuntes quanto para os bens materiais que estejam situados abaixo dos pontos com intercorrência.

Por meio dos voos de drone realizados no imóvel objeto de estudo, constatou-se algumas avarias de fácil visualização no revestimento cerâmico. Tais manifestações estão sintetizadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Danos observados nas regiões das fachadas.

Manifestação patológica	Descrição
Craquelamento e fragilidade do rejunte	Avaria ocasionada pela deterioração natural do material de rejuntamento, proveniente da inexistência de manutenção preventiva nesse elemento.
Desplacamento	Desplacamento de revestimento cerâmico induzindo a falhas de aderência entre as mais diversas camadas do componente da fachada.
Manchamentos e acúmulo de sujidade	Manchamentos e acúmulos de sujidades e microrganismos em diversas localidades dos revestimentos cerâmicos.
Crescimento de vegetação	Crescimento de vegetação devido ao acúmulo de sujidade em aberturas existentes entre as pastilhas, criando condições propícias ao desenvolvimento.

Fonte: Autoria própria

Conforme mencionado, se fez necessário a realização de um ensaio a percussão na edificação, na qual foram observados locais significativos com presença de irregularidades. Além disso, também foram observadas outras avarias que

comprometem parcialmente o desempenho e estão vinculadas a falhas de projeto e de execução.

Figura 24 – Sinais de deterioração do rejunte, bem como deslocamento de revestimento cerâmico (fachada norte/leste)



Fonte: Autoria própria

Figura 25 – Manchamentos elevados nas pastilhas, bem como sinais de deterioração do rejunte (fachada norte)



Fonte: Autoria própria

Figura 26 – Sinais de deterioração no rejunte, manchamentos e descolamento de haste do SPDA (fachada norte)



Fonte: Autoria própria

Figura 27 – Manchamentos nos revestimentos cerâmicos, deterioração dos rejuntos, bem como marcações do teste de percussão realizado (fachada norte)



Fonte: Autoria própria

Figura 28 – Deterioração do rejunte, manchamentos e deslocamento do revestimento cerâmico (fachada norte).



Fonte: Autoria própria

Figura 29 – Deterioração elevada do rejunte (fachada oeste)



Fonte: Autoria própria

Figura 30 – Deterioração dos rejantes e manchamentos de escorrimento (fachada sul)



Fonte: Autoria própria

Figura 31 - Deterioração dos rejantes e manchamentos de escorrimento (fachada sul)



Fonte: Autoria própria

Figura 32 – Deterioração dos rejuntas, manchamentos, excesso de sujidades, bem como marcações de som cavo (fachada Leste)



Fonte: Autoria própria

Destaca-se que as imagens apresentadas são amostrais, uma vez que as avarias são generalizadas em todas as fachadas.

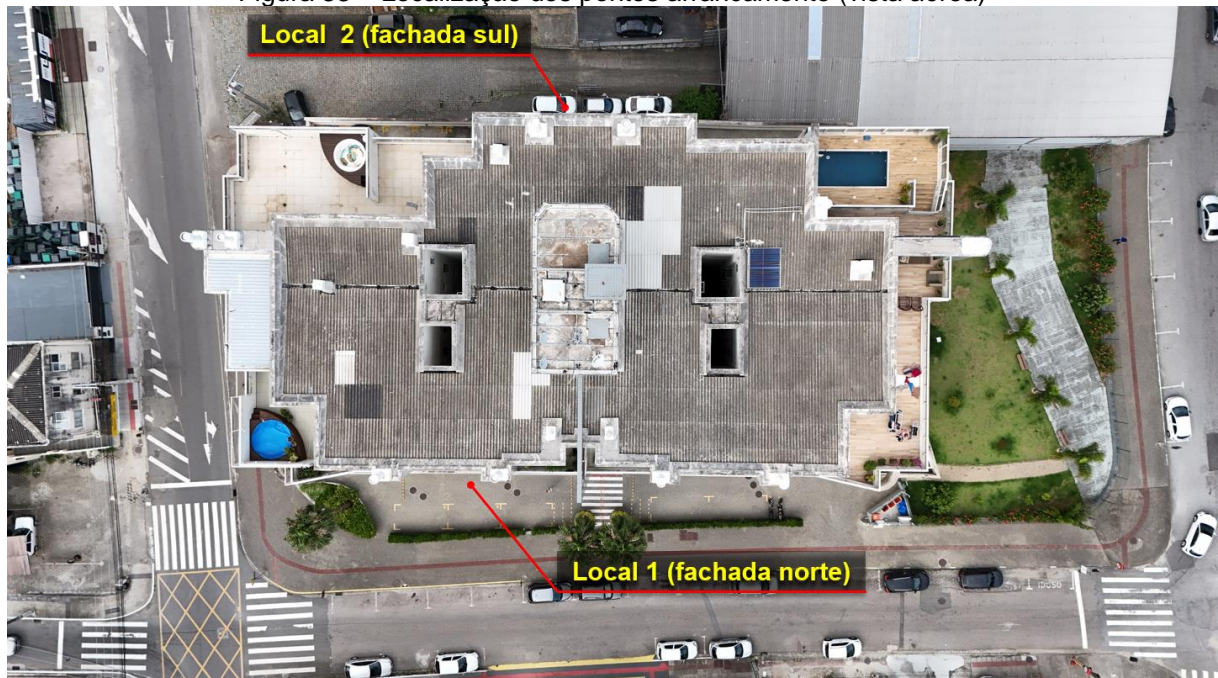
5.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

No presente capítulo nota-se os resultados quanto aos dois ensaios realizados no objeto de estudo.

5.2.1 Ensaio de resistência a aderência a tração

Os ensaios de resistência a aderência a tração foram realizados em dois fachadas da edificação, tendo como objetivo avaliar o desempenho da argamassa colante utilizada no assentamento da cerâmica e da argamassa de emboço no revestimento. A localização dos pontos de arrancamento estão dispostos na Figura 33.

Figura 33 – Localização dos pontos arrancamento (vista aérea)



Fonte: Autoria própria

O primeiro ensaio está localizado entre a cobertura e o primeiro da fachada norte, e segundo ensaio no primeiro pavimento da fachada sul. As Figura 34 e Figura 35 demonstram a localização dos locais de realização do ensaio.

Figura 34 – Localização dos pontos arrancamento (fachada norte)



Fonte: Autoria própria

Figura 35 – Localização dos pontos arrancamento (fachada sul)



Fonte: Autoria própria

É importante ressaltar que esses ensaios são especialmente recomendados para a aceitação de revestimentos cerâmicos recém-aplicados, nos quais ainda não ocorreram degradações substanciais decorrentes de fatores como falta de manutenção e exposição prolongada a intempéries. Assim, os parâmetros definidos

por essas normas fornecem uma base essencial para qualquer intervenção necessária. Os resultados obtidos nos ensaios estão representados na Figura 36 e Figura 37.

Figura 36 – Ensaio de resistência de aderência a tração no revestimento cerâmico (fachada norte).

N.	Corpo de Prova			Carga de Ruptura (N)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura (%)										Local	
	Lado (mm)		Área (mm ²)			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
	L1	L2				Base	Base / chapisco	Chapisco	Chapisco / emboço	Emboço	Emboço / argamassa colante	Argamassa colante	Argamassa colante / cerâmica	Cerâmica / cola	Cola / pastilha		
1	100,40	99,5	9990	2143	0,21					100							Plattbanda
2	100,70	98,9	9959	4394	0,44					20	50	30					6º Pavimento
3	101,50	102,7	10424	4626	0,44					65	25	10					5º Pavimento
4	101,00	103,6	10464	4664	0,45					65	5	10	20				5º Pavimento
5	101,50	99,2	10069	4899	0,49					100							4º Pavimento
6	100,60	102,1	10271	2181	0,21					75	5	20					4º Pavimento
7	101,40	102	10343	3424	0,33					95	5						3º Pavimento
8	100,50	100,2	10070	7474	0,74					80		5	15				3º Pavimento
9	99,10	98,7	9781	1292	0,13					65	10	5	20				2º Pavimento
10	100,50	100,8	10130	1590	0,16					30	15		35				2º Pavimento
11	102,50	98,4	10086	5684	0,56					95			5				1º Pavimento
12	98,70	100,6	9929	3287	0,33					75	5	5	15				1º Pavimento

Nota: A ruptura ocorreu conforme as colunas I e J indica falha na colagem da pastilha. O resultado não foi determinado e um novo CP deve ser providenciado. A resistência obtida ruptura da cola não pode ser utilizada como resistência mínima para o CP teste.

Fonte: JM Engenharia

Figura 37 - Ensaio de resistência de aderência a tração no revestimento cerâmico (fachada sul).

N.	Corpo de Prova			Carga de Ruptura (N)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura (%)										Local	
	Lado (mm)		Área (mm ²)			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
	L1	L2				Base	Base / chapisco	Chapisco	Chapisco / emboço	Emboço	Emboço / argamassa colante	Argamassa colante	Argamassa colante / cerâmica	Cerâmica / cola	Cola / pastilha		
1	100,70	100,9	10161	5327	0,52					95	5						Apto Final 06
2	101,00	100,1	10110	2410	0,24					55	20	10	15				Apto Final 06
3	99,00	102,5	10148	1842	0,18					100							Apto Final 06
4	101,30	100,9	10221	1261	0,12					40	10	5	45				Apto Final 06
5	99,90	99	9890	1675	0,17					100							Apto Final 06
6	101,20	101,1	10231	3439	0,34					100							Apto Final 06
7	99,30	100,7	10000	3381	0,34					95	5						Apto Final 06
8	100,20	100,8	10100	1875	0,19					55	5	10	30				Apto Final 07
9	99,40	99,9	9930	2562	0,26					90	5		5				Apto Final 07
10	99,20	100,4	9960	1738	0,17					100							Apto Final 07
11	100,20	99,5	9970	1215	0,12					95			5				Apto Final 07
12	99,30	100	9930	1589	0,16					65	15	20					Apto Final 07

Nota: A ruptura ocorreu conforme as colunas I e J indica falha na colagem da pastilha. O resultado não foi determinado e um novo CP deve ser providenciado. A resistência obtida ruptura da cola não pode ser utilizada como resistência mínima para o CP teste.

Fonte: JM Engenharia

Na fachada sul os ensaios foram realizados na sacada dos apartamentos do primeiro pavimento, obtendo valores abaixo do aceitável, com apenas três corpos de provas com valores acima de 0,3 MPa, com predominância de ruptura no interior do emboço.

Para a fachada norte foram obtidos maiores valores de tensão, com oito valores acima de 0,3 MPa, com dois valores (0,33) próximos do requisito mínimo de aceitação, e apenas dois acima de 0,5 MPa (0,56 e 0,74).

A referida norma estabelece que pelo menos 8 dos 12 pontos ensaios devem possuir resistência superior ao valor especificado. Ao observar os valores obtidos nos ensaios, percebe-se que, nas áreas superiores da fachada, há uma leve

correspondência com os valores mínimos exigidos pelas normas. Contudo, nas regiões inferiores, os resultados indicam, em grande parte, que esses valores normativos não são alcançados, apontando para a necessidade de atenção redobrada nessas áreas. É importante enfatizar que em praticamente todas as situações houve a ruptura no emboço, indicando que há uma certa fragilidade no substrato aplicado.

A demonstram alguns dos resultados obtidos nos ensaios.

Figura 38 – Detalhe de rompimento no emboço (fachada norte).



Fonte: Autoria própria

Figura 39 – Detalhe de rompimento entre argamassa colante/placa cerâmica e emboço (fachada norte).



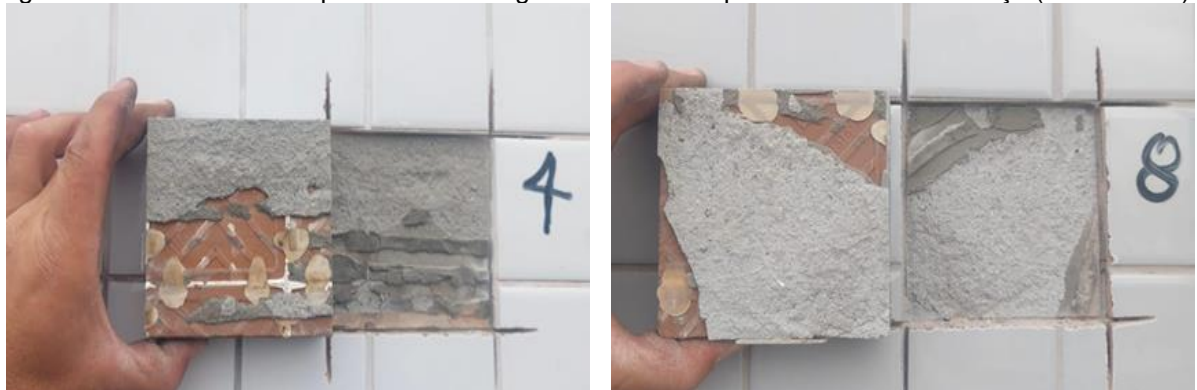
Fonte: Autoria própria

Figura 40 – Detalhe de rompimento no emboço (fachada sul)



Fonte: Autoria própria

Figura 41 – Detalhe de rompimento entre argamassa colante/placa cerâmica e emboço (fachada sul).



Fonte: Autoria própria

No Quadro 3 são abordadas as possíveis causas quanto a baixa resistência do emboço.

Quadro 3 – Possíveis causas da baixa resistência do emboço

Possíveis causas	Justificativa
Traço inadequado da argamassa	Proporções incorretas entre os componentes (cimento, areia e água), resultando em baixa coesão e aumento da porosidade do emboço.
Contaminação dos agregados	Presença de impurezas na areia, comprometendo as propriedades mecânicas e químicas da argamassa.
Mistura não homogênea	Falta de controle durante a homogeneização dos materiais, resultando em argamassa com propriedades mecânicas desiguais.
Aplicação em camadas excessivamente espessas	Espessuras superiores às recomendadas (acima de 2-3 cm), gerando tensões internas que causam retração e fissuração.
Condições climáticas adversas	Exposição à umidade elevada, chuvas ou ventos durante a aplicação, interferindo no processo de cura e endurecimento da argamassa.
Variações térmicas significativas	Ciclos rápidos de aquecimento e resfriamento que provocam retração térmica, microfissuras e perda de coesão no emboço.
Cura inadequada	Ausência ou insuficiência de umedecimento durante o período de cura, resultando na desidratação precoce da argamassa.
Uso inadequado de aditivos	Dosagens erradas ou produtos incompatíveis, como plastificantes ou impermeabilizantes, alterando as propriedades mecânicas da argamassa.

Fonte: Autoria própria

Um dos fatores que podem estar relacionados a existência de valores mais inferiores do que o prescrito na norma na região do pavimento pilotis, pode estar atrelado a um emboço com uma maior espessura. É notório que em edificações verticais, podem ocorrer pequenos desaprumos, onde são ajustados com um crescimento de espessura nas porções mais inferiores da edificação. A NBR 13749 (ABNT, 2013) estabelece espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos como sendo de 20 a 30mm, conforme pode ser visualizado a seguir na Figura 42.

Figura 42 – Espessura admissível para revestimentos argamassados internos e externos.

Revestimento	Espessura (e) mm
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Tetos interno e externo	$e \leq 20$

Fonte: ABNT NBR 13749:2013

Quando for necessário empregar revestimento com espessura mais elevada, devem ser tomados cuidados especiais de forma a garantir a aderência do revestimento. Essas condições estão prescritas na NBR 7200 (ABNT, 1998), sendo de maneira geral recomendado a utilização de telas de reforço entre camadas de emboço.

Com o aumento da espessura do emboço, há uma tendência de a água de amassamento ser absorvida rapidamente pelo substrato ou evaporar mais cedo, o que prejudica a hidratação do cimento. Isso pode levar à formação de fissuras, pois o reboco perde água antes do tempo ideal para uma cura adequada. Além desse fator relacionado a incidência de fissuras, pode haver também uma diminuição significativa em sua resistência, visto que não há uma hidratação adequada do cimento, fazendo com que haja uma elevada pulverulência e ou desagregação.

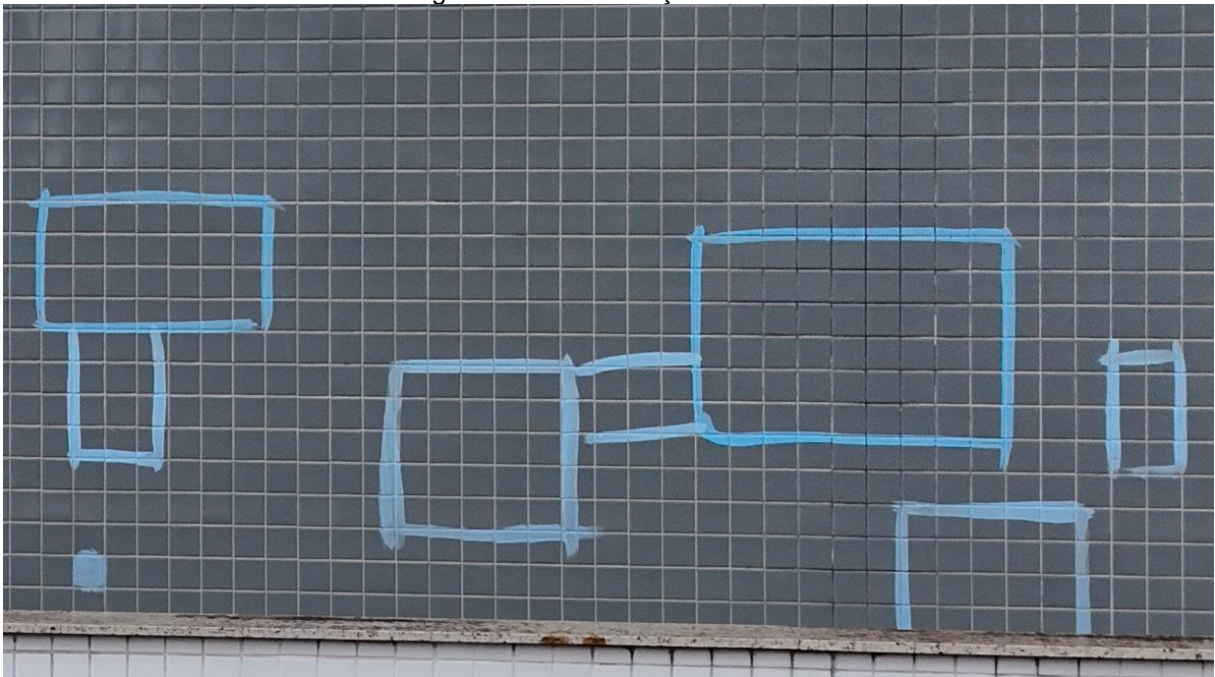
Além disso, nas áreas mais críticas, a degradação do substrato resultou na formação de zonas de som cavo, associadas à perda de aderência entre a argamassa e o substrato. A delaminação, evidenciada por inspeção por percussão, indica falhas na execução ou degradação avançada do sistema de revestimento.

5.2.2 Ensaio de percussão

O ensaio de percussão foi realizado em todas as fachadas do condomínio, sendo iniciado pela fachada leste devido a prioridade estabelecida pelo condomínio de acordo com a disponibilidade dos condomínios para o acesso a cobertura localizada nas unidades privativas.

Os locais identificados com presença de som cavo foram sinalizados com a tinta azul e com formas retangulares para facilitar a visualização e a quantificação. A Figura 43 demonstra a demarcação realizada

Figura 43 – Demarcação utilizada



Fonte: Autoria própria

Após a finalização da percussão no revestimento cerâmico foram realizados levantamentos com o uso de drone, seguidos de modelagem dos dados em software de análise. Os locais onde foram identificados sons cavos estão assinalados nas imagens capturadas pelo drone e no modelo 3D gerado. A Figura 44 a seguir, ilustra um recorte do modelo 3D obtido no software Metashape, enquanto a Figura 45 exhibe os pontos de marcação observados na imagem do drone na fachada Norte.

Figura 44 – Modelo 3D da edificação com as marcações com presença de som cavo (fachada norte)



Fonte: Autoria própria

Figura 45 – Imagem de drone com as marcações de som cavo (fachada norte)



Fonte: Autoria própria

Por sua vez, a Figura 46 indica um recorte do modelo 3D, enquanto a Figura 47 a seguir representa os pontos de marcação identificados na imagem do drone realizada.

Figura 46 - Modelo 3D da edificação com as marcações com presença de som cavo (fachada sul)



Fonte: Autoria própria

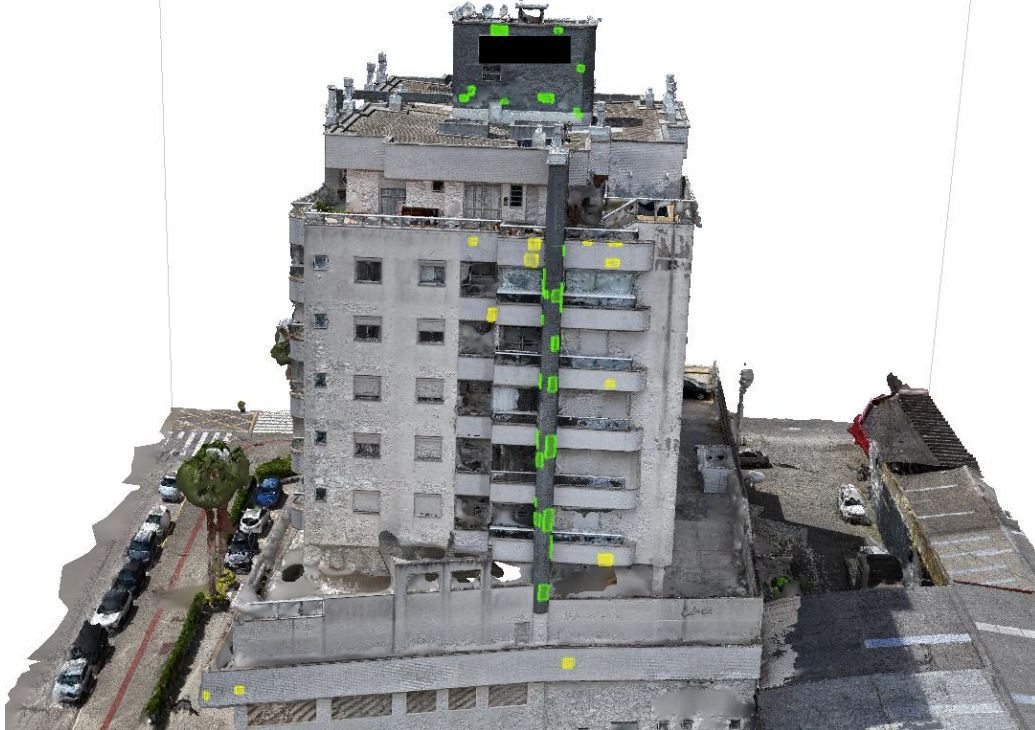
Figura 47 - Imagem de drone com as marcações de som cavo (fachada sul)



Fonte: Autoria própria

A Figura 48 a seguir indica um recorte do modelo 3D obtido no software *Metashape*, já a Figura 49 a seguir representa os pontos de marcação identificados na imagem do drone efetuada na fachada oeste.

Figura 48 - Modelo 3D da edificação com as marcações com presença de som cavo (fachada oeste)



Fonte: Autoria própria

Figura 49 - Imagem de drone com as marcações de som cavo (fachada oeste)



Fonte: Autoria própria

A Figura 50 a seguir indica um recorte do modelo 3D, enquanto a Figura 51 a seguir representa os pontos de marcação na fachada Leste.

Figura 50 - Modelo 3D da edificação com as marcações com presença de som cavo (fachada leste)



Fonte: Autoria própria

Figura 51 - Imagem de drone com as marcações de som cavo (fachada leste)



Fonte: Autoria própria

Por meio de levantamentos efetuadas através da modelagem 3D obtida por nuvens de pontos provenientes do voo de drone realizado no condomínio, obteve-se as seguintes metragens com som cavo (característico de descolamento) nas fachadas, estando essas informações concentradas no Quadro 4.

Quadro 4 – Orientações das fachadas, revestimentos e área com som cavo.

Orientação fachada	Revestimento	Área (m²)
Norte	Pastilha Cerâmica modelo Branco Mesh 7,5x7,5(INCEPA)	33,42 m ²
	Pastilha Cerâmica modelo Estudio Cinza Claro Mesh 7,5x7,5 (INCEPA)	2,78 m ²
	Pastilha cerâmica modelo Estudio Cinza Escuro Mesh 7,5x7,5 (INCEPA)	6,33 m ²
Sul	Pastilha Cerâmica modelo Branco Mesh 7,5x7,5(INCEPA)	20,02 m ²
	Pastilha cerâmica modelo Estudio Cinza Escuro Mesh 7,5x7,5 (INCEPA)	0,19 m ²
Oeste	Pastilha Cerâmica modelo Branco Mesh 7,5x7,5(INCEPA)	3,85 m ²
	Pastilha cerâmica modelo Estudio Cinza Escuro Mesh 7,5x7,5 (INCEPA)	7,71 m ²
Leste	Pastilha Cerâmica modelo Branco Mesh 7,5x7,5(INCEPA)	4,45 m ²
	Pastilha cerâmica modelo Estudio Cinza Escuro Mesh 7,5x7,5 (INCEPA)	2,09 m ²

Fonte: Autoria própria

De maneira resumida, tem-se os seguintes quantitativos de pastilhas com presença de som cavo, estão descritos no Quadro 5.

Quadro 5 – Resumo das áreas demarcada em teste de percussão.

Revestimento	Área (m²)
Pastilha Cerâmica modelo Branco Mesh 7,5x7,5(INCEPA)	61,74 m ²
Pastilha Cerâmica modelo Estudio Cinza Claro Mesh 7,5x7,5 (INCEPA)	2,78 m ²
Pastilha cerâmica modelo Estudio Cinza Escuro Mesh 7,5x7,5 (INCEPA)	16,32 m ²

Fonte: Autoria própria

Ao analisar os valores obtidos observa-se a maior presença de som cavo nas pastilhas cerâmicas com coloração branca, entretanto ao fazer uma relação entre área com presença de som cavo (As) e área total (At), nota-se uma grande variabilidade de valores conforme orientação das fachadas e coloração das pastilhas.

Ao analisar a influência das cores das pastilhas não é possível aferir a influência das colorações com a presença de som cavo, não havendo um padrão a ser seguido. Ao analisar a influência da orientação solar é perceptível a menor presença de som cavo na fachada leste, evidenciadas pela geração de ciclos térmicos mais intensos de aquecimento e resfriamento nas fachadas norte e oeste, e o acúmulo de umidade na fachada sul. O Quadro 6 a Quadro 8 demonstram essa variabilidade.

Quadro 6 – Orientações das fachadas, revestimentos, área com som cavo e relação As/At.

Orientação fachada	Revestimento	Área (m ²)	Relação As/At (%)
Norte	Pastilha Cerâmica modelo Branco Mesh 7,5x7,5(INCEPA)	33,42 m ²	10,11%
	Pastilha Cerâmica modelo Estudio Cinza Claro Mesh 7,5x7,5 (INCEPA)	2,78 m ²	8,27%
	Pastilha cerâmica modelo Estudio Cinza Escuro Mesh 7,5x7,5 (INCEPA)	6,33 m ²	4,17%
Sul	Pastilha Cerâmica modelo Branco Mesh 7,5x7,5(INCEPA)	20,02 m ²	9,60%
	Pastilha cerâmica modelo Estudio Cinza Escuro Mesh 7,5x7,5 (INCEPA)	0,19 m ²	0,65%
Oeste	Pastilha Cerâmica modelo Branco Mesh 7,5x7,5(INCEPA)	3,85 m ²	3,55%
	Pastilha cerâmica modelo Estudio Cinza Escuro Mesh 7,5x7,5 (INCEPA)	7,71 m ²	10,32%
Leste	Pastilha Cerâmica modelo Branco Mesh 7,5x7,5(INCEPA)	4,45 m ²	3,34%
	Pastilha cerâmica modelo Estudio Cinza Escuro Mesh 7,5x7,5 (INCEPA)	2,09 m ²	3,23%

Fonte: Autoria própria

Quadro 7 – Comparação da coloração das pastilhas nas áreas demarcada em teste de percussão.

Revestimento	Área (m ²)	Relação As/At (%)
Pastilha Cerâmica modelo Branco Mesh 7,5x7,5(INCEPA)	61,74 m ²	7,91%
Pastilha Cerâmica modelo Estudio Cinza Claro Mesh 7,5x7,5 (INCEPA)	2,78 m ²	8,27%
Pastilha cerâmica modelo Estudio Cinza Escuro Mesh 7,5x7,5 (INCEPA)	16,32 m ²	5,09%

Fonte: Autoria própria

Quadro 8 – Comparação da orientação das fachadas nas áreas demarcada em teste de percussão.

Orientação da fachada	Relação As/At (%)
Norte	8,24%
Sul	8,49%
Oeste	6,31%
Leste	3,30%

Fonte: Autoria própria

6 RECOMENDAÇÕES

As analisar os resultados obtidos, é notório a maior incidência de áreas com som cavo nas pastilhas brancas, que possuem maior área ao longo do prédio. Esse tipo de revestimento é amplamente disponível no mercado, sendo fabricado por diversas empresas. No entanto, é possível que surjam pequenas diferenças entre as pastilhas já instaladas e as novas que eventualmente serão adicionadas. Caso o condomínio disponha de peças de reposição, recomenda-se que sejam estrategicamente posicionadas nas áreas de maior visibilidade, garantindo uma harmonia estética.

Adicionalmente, é possível optar pela remoção cuidadosa dos revestimentos existentes, seguida de uma limpeza criteriosa do substrato, para então proceder à remontagem dos panos de pastilha e ao reaproveitamento do material na fachada. Embora esse método represente um custo mais elevado, ele reduz de forma significativa as chances de surgimento de marcações indesejadas, contribuindo para um acabamento mais uniforme e esteticamente agradável.

Nas demais áreas, julga-se que caso não haja peças significativas de reposição, recomenda-se que seja efetuado o reaproveitamento. Essa solução é devido ao fato que cores mais escuras, tem-se uma maior alteração de tonalidade quando expostas a intempéries.

Analisando as possibilidades das pastilhas, efetua-se cortes com serras circulares ou esmerilhadeiras nos rejuntas na área delimitada em teste de percussão, a fim de evitar eventuais danos nos revestimentos adjacentes.

Em seguida, remove-se o revestimento cerâmico, sendo recomenda a realização do teste padrão para identificação da qualidade superficial do revestimento argamassado (substrato). Caso haja a remoção de parte da argamassa/substrato, recomenda-se que seja realizado o procedimento de lavagem com hidrojateamento da superfície, a fim de remover todo e qualquer material pulverulência das superfícies, posteriormente efetuar a recomposição da argamassa ou somente o nivelamento com massa niveladora, de modo que ajustado o nível a fim de permitir a recolocação do novo revestimento cerâmico.

A NBR 13755 (ABNT, 2017), estabelece de maneira resumida cuidados que devem ser tomados durante a execução do revestimento cerâmico de fachada. Na preparação da base a superfície da base deve estar limpa, seca e nivelada, sem

irregularidades significativas, sendo necessário verificar a compatibilidade entre a base e os materiais de assentamento.

Para escolha dos materiais utilizar argamassa colante adequada para o tipo de revestimento cerâmico e as condições ambientais, sendo recomenda a argamassa colante do tipo ACIII de marca premium, podendo ser utilizado na cor branca, caso for de interesse;

Durante a execução é necessário aplicar a argamassa uniformemente com desempenadeira dentada no substrato, se atendo sempre ao tempo em aberto., movimentar as peças cerâmicas sobre a argamassa para garantir a aderência total, evitando espaços vazios, e manter as juntas limpas durante o processo de assentamento.

Após esses procedimentos recomenda-se que seja realizado o rejuntamento de toda a localidade reparada. Posteriormente, a finalização dos serviços de recuperação dos revestimentos com som cavo na prumada, deve ser efetuado a lavagem por completo com hidrojateamento na fachada, raspagem dos rejuntas com equipamento específico, limpeza e posterior rejuntamento por completo na prumada. Repetir esse procedimento em todas as localidades da fachada. Em prumadas sem a presença de som cavo realiza-se o procedimento de lavagem, raspagem de rejunte, limpeza e rejuntamento.

7 CONCLUSÃO

Através do presente trabalho pode-se concluir que a manifestação patológica mais observada no objeto de estudo diz respeito ao deslocamento do revestimento cerâmico. Ainda, destaca-se que o objeto de estudo possui a manifestação patológica de forma generalizada.

Por meio do ensaio de resistência a aderência a tração, notou-se que a ruptura nos ensaios de resistência a tração ocorreu majoritariamente em sua grande maioria no emboço, as possíveis causas estão vinculadas a fragilidade do substrato, originadas na execução e/ou projeto.

Fora ainda constatada, por meio de ensaio de percussão, grande extensão do revestimento cerâmico apresentando som cavo, sintoma característico de iminência de deslocamento. Esses locais foram mapeados por meio do software Metashape.

O principal objetivo do estudo era subsidiar as intervenções necessárias nas fachadas do condomínio, permitindo que as ações fossem direcionadas de maneira precisa. Sendo assim, a realização dos ensaios de percussão e de resistência a aderência a tração, em conjunto com as modelagens realizadas, possibilitaram não apenas maior acurácia nos quantitativos, mas também uma análise macro dos padrões, características e localizações dos danos identificados.

Ainda, pode-se observar que não foram realizadas considerações aprofundadas acerca das orientações solares das fachadas, visto que, para adentrar a análise sobre a influência da orientação solar na irregularidade quanto a resistência identificada no emboço, seria necessário realizar novos ensaios de resistência à tração nas demais fachadas. No entanto, após reunião com os representantes do condomínio, fora repassado que essa abordagem não seria necessária e de interesse para os condôminos, uma vez que o objetivo do laudo já havia sido cumprido. Assim, não houve autorização para a execução de novos ensaios.

A abordagem do trabalho permitiu a avaliação do estado atual da edificação, além de recomendar estratégias de manutenção e intervenção corretivas, tendo como objetivo aumentar a vida útil do sistema e garantir a sua eficiência.

Ainda, o presente trabalho destaca a relevância quanto a inspeção periódica na constatação de manifestações patológicas no sistema de revestimento cerâmico em fachadas, tendo em vista a realização de diagnósticos mais rigorosos e assertivos.

7.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nas análises e resultados obtidos ao decorrer deste trabalho, propõe-se o aprofundamento dos temas abordados, tendo como recomendações as seguintes pesquisas:

- Comparação da incidência de manifestações patológicas em revestimento cerâmico e revestimento argamassado em fachadas;
- Análise de desempenho de fachadas com peças cerâmicas e porcelanatos de diferentes dimensões;
- Explorar a utilização de revestimentos em fachada que utilizam materiais sustentáveis, recicláveis ou com baixo impacto ambiental;
- Análise dos métodos de reabilitação de fachadas com revestimento cerâmico.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM E632-82: Standard Practice for Developing Accelerated Tests to Aid Prediction of the Service Life of Building Components and Materials. West Conshohocken, PA: ASTM, 1996.

ANFACER - Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres. 2021. Disponível em: <https://www.anfacer.org.br/>. Acesso 30/11/2024.

ANTUNES, G. R. (2010). Estudo de Manifestações Patológicas em Revestimento de Fachada em Brasília – Sistematização da Incidência de Casos. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicada E.DM-001A/10, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, DF, 178p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13749: Revestimentos de paredes e tetos de argamassa inorgânica – Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13755**: Revestimentos cerâmicos de fachadas. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e projeto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

BAUER, R. J. F. Patologia em revestimentos de argamassa inorgânica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2., 1997 Salvador, 1997.

BELTRAME, F. R.; LOH, K. Aplicação de selantes em juntas de movimentação de fachadas: boas práticas. Série Recomendações Técnicas Habitare. Porto Alegre: ANTAC, v. 5, 2009, 64p.

BERTI, J. V. ; JÚNIOR, G. P. D. S.; AKASAKI, J. L. Estudo da origem, sintomas e incidências de manifestações patológicas do concreto. Revista Científica ANAP Brasil, v. 12, p. 26, 2019.

CAPELLO, A. *et al.* **Patologia das fundações**. 2010. 115f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - Faculdade Anhanguera de Jundiaí, Jundiaí, 2010.

FLAUZINO, W. D.; UEMOTO, K. L Durabilidade de materiais e componentes das edificações. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E SUA APLICAÇÃO ÀS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL, 1981, São Paulo. Anais... São Paulo: IPT, 1981. p. 203-220.

GASPAR, P; BRITO, J. Mapping Defect Sensitivity in External Mortar Renders. In: Journal of Construction and Building Materials, 2005.

HELENE, P. Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. São Paulo: PINI, 1992.

HELENE, Paulo R. Do Lago. Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto. São Paulo, Red Rehabilitar, 2003.

JOHN, V. M. Avaliação da durabilidade de materiais, componentes e edifícios: cálculo do custo global. In: SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS E

COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 1., 1988, Florianópolis. Anais. Florianópolis: UFSC, 1988.

MIOTTO, D. Estudo de caso de patologias observadas em edificação escolar estadual no município de Pato Branco-PR. Orientador: MSc José Valter Monteiro Larcher. 2010. 63 f. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) - Universidade Federal do Paraná, Pato Brancos/PR, 2010.

PEREIRA, L. C. (2008). Materiais de Construção Civil: Propriedades e Aplicações. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo.

ROSCOE, Márcia Taveira. Patologias em revestimento cerâmico de fachada. 2008. Monografia para especialização em Construção – Escola de engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

SABBATINI F.H , Medeiros J.S.,. Tecnologia de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios / J.S. Medeiros, F.H. Sabbatini. -- São Paulo: EPUSP, 1999. 28 p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/246). São Paulo, 1999.

SABBATINI, F.H.; BARROS, M. M. S. B. Produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria: diretrizes básicas. 2001. Revisão do relatório técnico, SABBATINI, F.H.; BARROS, M. M. S. B. Recomendações para a produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação e em alvenaria - Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, R6-06/90 – EP/ENCOL-6, São Paulo, 1990.

SANTOS, C. L. V. Análise de manifestações patológicas em algumas edificações da UFRR. Orientador: Profa. Dra. Gioconda Santos e Souza Martinez. 2019. 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Roraima, Boa vista/RR, 2019. Pdf.

SILVA, N.G. Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária. Curitiba, 2006. 180 p. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná.

THOMAZ, E. Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. 1 ed. São Paulo: PINI/EPUSP/IPT, 1989.

THOMAZ, E. Patologias de Revestimento - Apostila de Revestimentos Módulo II. Disciplina Patologia das Edificações. 2001. IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Brasil. Notas de aula.

TUTIKIAN, B; PACHECO; M. Boletín Técnico - Inspección, Diagnóstico y Prognóstico en la Construcción Civil. Merida, 2013.

UEMOTO, Kai L. Patologia: danos causados por eflorescência. Tecnologia de edificações. In: Tecnologia de edificações. São Paulo: PINI, IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT, 1988, p. 561-64.