



**GRACIA DYANA VIANA KUBO DE SOUZA**

**INFLUÊNCIA DE ADITIVO IMPERMEABILIZANTE EM  
DESPLACAMENTO DE REVESTIMENTO CERÂMICO**

**LAVRAS-MG**

**2022**

**GRACIA DYANA VIANA KUBO DE SOUZA**

**INFLUÊNCIA DE ADITIVO IMPERMEABILIZANTE EM DESPLACAMENTO DE  
REVESTIMENTO CERÂMICO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof(a). Priscilla Abreu Pereira Ribeiro

Orientadora

Prof. Wisner Coimbra de Paula

Coorientador

**LAVRAS-MG**

**2022**

**GRACIA DYANA VIANA KUBO DE SOUZA**

**INFLUÊNCIA DE ADITIVO IMPERMEABILIZANTE EM DESPLACAMENTO DE  
REVESTIMENTO CERÂMICO**

**INFLUENCE OF WATERPROOFING ADDITIVE ON CERAMIC COATING REMOVAL**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

\_\_\_\_\_ em \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Priscilla Abreu Pereira Ribeiro – UFLA (Orientadora)

Wisner Coimbra de Paula – UFLA (Coorientador)

Saulo Rocha Ferreira – UFLA (Examinador interno)

---

Prof(a). Priscilla Abreu Pereira Ribeiro

Orientadora

Prof. Wisner Coimbra de Paula

Coorientador

**LAVRAS-MG**

**2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço imensamente a Deus pela oportunidade de ter ingressado na Universidade Federal de Lavras e ter tido condições para conseguir chegar até aqui.

Agradeço a professora Priscilla pela orientação e apoio na realização deste trabalho.

Agradeço aos meus familiares e amigos por terem me apoiado e incentivado em todos os momentos da minha graduação e por terem feito por mim o possível e impossível para que não desistisse dos meus objetivos.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional.

Muito obrigada!

## RESUMO

O presente trabalho possui o objetivo de estudar os fatores que influenciaram diretamente no deslocamento de revestimento cerâmico nos apartamentos de um condomínio residencial, situado na cidade de Campinas/SP. Foi realizado o mapeamento de todos os apartamentos que ocorreram o deslocamento e analisados os materiais utilizados em cada etapa do processo de assentamento dos revestimentos cerâmicos. Ensaio técnico foram realizados a fim de obter a determinação dos fatores que acarretaram as patologias observadas. O condomínio possui duas torres de 136 apartamentos cada uma, as 200 unidades onde já havia o assentamento de revestimento cerâmico foram testadas a percussão e os ensaios técnicos foram realizados em um apartamento onde ainda não havia sido instalado o revestimento. Os resultados dos testes serviram para buscar identificar as principais causas do deslocamento dos revestimentos e corrigi-lo antes de ser realizada a entrega dos apartamentos aos clientes. A princípio, a principal causa se mostrava ser uma falha no lote do impermeabilizante B, utilizado na impermeabilização de todos os apartamentos onde ocorreram o deslocamento, o qual por meio do Ensaio de Risco e Ensaio de Resistência de Aderência à Tração foi possível comprovar que sua resistência superficial era menor quando comparada com outro impermeabilizante (O). Porém, com os ensaios realizados, pôde-se perceber que o deslocamento se deu por uma série de motivos, sendo eles: limpeza incorreta da base, impermeabilizante com baixa resistência a compressão e falha na execução do assentamento do revestimento.

**Palavras-chave:** Patologias. Assentamento de cerâmicas. Impermeabilização. Ensaio de Resistência de Aderência à Tração.

## ABSTRACT

The present work has the objective of studying the factors that directly influenced the detachment of ceramic coating in the apartments of a residential condominium, located in the city of Campinas/SP. A mapping of all the apartments that took place was carried out and the materials used in each stage of the laying process of the ceramic tiles were analyzed. Technical and technological were carried out in order to determine the factors that led to the observed pathologies. The condominium has two towers of 136 apartments each, the 200 units where the ceramic tile was already laid were percussion tested and the technical tests were carried out in an apartment where the tile had not. The results of the tests were used to seek to identify the main causes of the detachment of de coatings and to correct it before apartments are delivered to the customers. At first, the main cause was shown to be a failure in the batch of waterproofing agente B, use in the waterproofing of all apartamentos where the detachment occurred, which, through the Risk Test and Tensile Adherence Resistance Test, it was possible to prove that its surface resistance was lower when compared to other waterproofing agentes (O). However, with the tests carried out, it could be seen that the detachment occurred for a number of reasons, namely: incorrect cleaning of the base, waterproofing with low surface resistance and failure in the execution of the coating installation.

**Keywords:** Pathologies. Ceramic laying. Waterproofing. Tensile Grip Resistance Test.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gretamento de placas monocolors .....	19
Figura 2 - gretamento em placa cerâmica. ....	20
Figura 3 - Eflorescência em revestimento cerâmico .....	21
Figura 4 - Seção transversal de revestimentos cerâmicos. ....	22
Figura 5 - Deslocamento cerâmico generalizado. ....	24
Figura 6 – Ilustração das camadas que podem ser envolvidas do deslocamento de revestimento cerâmico. ....	25
Figura 7 - Torres 1 e 2 do condomínio multifamiliar. ....	29
Figura 8 - Espectrômetro. ....	33
Figura 9 - Condições B3 e B4 após o assentamento das placas sobre o plástico, visualizando o esmagamento dos cordões de argamassa colante. ....	35
Figura 10 - Verificação da extensão de aderência da placa B8 (sem plástico). ....	36
Figura 11 - Assentamento da placa O3 sobre o plástico. ....	36
Figura 12 - Placa O7 já assentada sobre o plástico e cordões esmagados. Placa O8 ainda não assentada. ....	37
Figura 13 - Distribuição dos corpos de prova para a condição B7 antes da colagem das pastilhas metálicas. ....	37
Figura 14 - Acoplagem do dinamômetro de tração. ....	38
Figura 15 - Bases para as condições A e B. ....	39
Figura 16 - Ampliação de detalhes da Figura 15. Lado esquerdo: parte desbastada. ....	40
Figura 17 - Riscos realizados no impermeabilizante B sem cura. ....	41
Figura 18 - Riscos realizados no impermeabilizante B com cura. ....	41
Figura 19 - Riscos realizados no impermeabilizante O com cura. ....	42
Figura 20 - Riscos realizados no impermeabilizante O sem cura. ....	42
Figura 21 - Formas de rupturas para a condição A. ....	44
Figura 22 - Formas de rupturas para a condição B. ....	45
Figura 23 - Região hachurada apresentou som cavo. ....	46
Figura 24 - Retirada de placas do sistema das condições B8 e O7. ....	46
Figura 25 - Condição B8 – Ruptura na camada de impermeabilizante. ....	47
Figura 26 - Condição O7 – Ruptura na interface impermeabilizante X laje. ....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Formatos desempenadeiras dentadas. ....	27
Tabela 2 - Nomenclaturas para identificação do tipo de assentamento realizado. ....	31
Tabela 3 - Lote e data de fabricação das amostras. ....	32
Tabela 4 - EPU das amostras.....	41
Tabela 5 - Resultados dos ensaios de resistência de aderênci. ....	43
Tabela 6 - Resultados dos ensaios de resistência de aderência para as condições A e B. ....	44



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
	<b>1.2 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>12</b>
	<b>1.3 OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
	<b>1.3.1. OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>12</b>
	<b>1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>13</b>
	<b>2.1 Revestimento cerâmico</b> .....	<b>13</b>
	<b>2.2 Tipos de Bases para assentamento do revestimento</b> .....	<b>15</b>
	<b>2.3 Impermeabilizante</b> .....	<b>15</b>
	<b>2.4 Argamassa colante</b> .....	<b>16</b>
	<b>2.4.1 Tipos de Argamassa Colante</b> .....	<b>17</b>
	<b>2.5 Patologias em construções</b> .....	<b>17</b>
	<b>2.6 Patologias em revestimentos cerâmicos</b> .....	<b>18</b>
	<b>2.6.1 Gretamento e Trincas</b> .....	<b>19</b>
	<b>2.6.2 Manchas</b> .....	<b>20</b>
	<b>2.6.3 Desplacamento</b> .....	<b>23</b>
	<b>2.7 Processo de execução de pisos cerâmicos</b> .....	<b>25</b>
	<b>2.7.1 Preparo da argamassa colante</b> .....	<b>26</b>
	<b>2.7.2 Assentamento do revestimento cerâmico</b> .....	<b>26</b>
	<b>2.7.3 Rejuntamento das placas cerâmicas</b> .....	<b>28</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODO</b> .....	<b>29</b>
	<b>3.1 Localização e descrição da edificação</b> .....	<b>29</b>
	<b>3.2 Etapas da pesquisa</b> .....	<b>30</b>
	<b>3.2.1 Procedimentos experimentais</b> .....	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>49</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A palavra cerâmica vem do grego *keramikos* e quer dizer “matéria-prima queimada”, pois suas propriedades são consolidadas após a queima em altas temperaturas (LEONEL, 2020).

As primeiras cerâmicas vieram da pré-história e eram encontradas apenas em centros comerciais. O uso da cerâmica no Brasil se deu início na Ilha de Marajó, no Pará. Os vasos e artes eram feitos pelos indígenas que habitavam a ilha, se tornando uma das primeiras aparições da cerâmica no Brasil. Com o tempo, principalmente no Oriente Médio, a sociedade percebeu que o uso da cerâmica para revestir pisos e paredes trazia inúmeras vantagens (ANICER, 2010).

Nos dias atuais, devido ao desenvolvimento das técnicas de fabricação, o custo da produção desse material reduziu, fazendo com que sejam mais acessíveis pois podem ser fabricados em diversos preços, cores e tamanhos. Passou a ser um material multifuncional em edificações por possuir a finalidade de proteger as paredes de umidade, trazer um isolamento térmico e acústico e decorar o ambiente com seu acabamento. Apesar da funcionalidade dos revestimentos cerâmicos, é fundamental seguir as orientações técnicas de cada tipo desse material para que haja a perfeita adequação e aplicação do mesmo em pisos e paredes, minimizando a ocorrência de patologias e aumentando a durabilidade dos sistemas.

Quando não seguidas as orientações técnicas, podem ocorrer problemas futuros, como é o caso do deslocamento cerâmico, o qual apesar de ser bastante comum em áreas internas e fachadas de edificações, é a patologia mais séria, pois envolve a segurança das pessoas que transitam naquele ambiente. Também deve-se levar em consideração que o deslocamento gera um resserviço, podendo ocasionar em atraso de cronograma e prejuízos financeiros à obra e construtoras por não ser algo planejado desde o início. Esse problema deve ser tratado imediatamente, para que não ocorra mais imprevistos de segurança e outros novos casos.

O sistema de revestimento cerâmico é composto por algumas camadas importantes, como, por exemplo, a base (paredes e laje de concreto, alvenaria), camada de impermeabilização, camada de fixação (argamassa colante) e camada de acabamento (revestimento cerâmico). A falha de algum destes componentes pode acarretar em tipos de manifestações patológicas. Logo, a patologia de deslocamento não pode ser analisada de forma individualizada, uma vez que o sistema possui diversos outros componentes, como falta de limpeza adequada da base, impermeabilização realizada de forma errônea, argamassa não específica para o tipo de revestimento, deixar de seguir as especificações dos materiais

incluindo da placa cerâmica, juntas de movimentação realizadas de forma incorreta, projetos mal elaborados, planejamento incorreto, qualidade baixa dos materiais, baixa qualidade da mão de obra e o não seguimento do procedimento adequado para o serviço de assentamento de revestimento em piso e paredes.

Sendo assim, a fim de compreender e contribuir com os estudos relacionados ao assunto, buscou-se analisar a realidade de uma edificação ainda em processo de construção, a qual apresentou sinais de patologias em seus revestimentos cerâmicos e compreender quais os passos deverão ser feitos para que haja o conhecimento dos motivos e causas que levaram os revestimentos ao deslocamento.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

O deslocamento de revestimento cerâmico é um problema comum na construção civil. Aprofundando estudos sobre os principais pontos que podem levar a esse problema, é possível prevenir e evitar que venha a ocorrer em obras futuras, sendo importante que haja estudos e pesquisas sobre os problemas que podem acarretar o deslocamento.

Por ser um problema comum e também devido ao fato de ter ocorrido o deslocamento, buscou-se identificar a principal causa do deslocamento de pisos em situações cotidianas e aplicar ao estudo de caso ocorrido na obra de realização do estágio obrigatório da discente, condomínio residencial situado na cidade de Campinas/SP.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral do presente trabalho foi estudar as causas que podem levar ao deslocamento de revestimento cerâmico, pontualmente no local onde foi realizado o estudo de caso.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos foram:

- a) Identificar as características de todos os materiais utilizados para o assentamento do revestimento cerâmico;
- b) Apresentar as etapas do assentamento do revestimento;
- c) Analisar as possíveis causas que puderam acarretar o problema de deslocamento cerâmico e expor as etapas do processo do ensaio realizado;
- d) Identificar o motivo pelo qual o deslocamento cerâmico ocorreu;
- e) Propor melhorias para a diminuição do problema nas construções civis.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo possui como objetivo abordar de forma clara o conceito de patologias em construções, dando ênfase em patologias em revestimentos cerâmicos. A princípio, será abordado sobre os materiais utilizados para o assentamento cerâmico.

### 2.1 Revestimento cerâmico

Segundo Pezzato (2010), cerâmica é uma composição de argila e outras matérias primas inorgânicas produzidas em altas temperaturas e abrande os materiais inorgânicos, não metálicos. As matérias-primas orgânicas ou naturais são utilizadas da mesma forma que foram extraídas da natureza, passam por um tratamento físico para eliminação de impurezas indesejáveis, sem causar mudanças na composição química e mineralógica dos componentes principais. Matérias-primas, as inorgânicas ou sintéticas são as que, isoladas ou misturadas com outras(s) substâncias(s) já passaram por um tratamento térmico como a calcinação, sinterização, fusão ou são produzidas por processo químico.

Os tipos de revestimentos cerâmicos são: pisos, azulejos e porcelanatos (acetinado, polido, esmaltado, natural, externo, entre outros). Cada revestimento cerâmico possui uma aplicação apropriada para o ambiente onde será instalado.

A NBR 10545 (ABNT, 2017) é compreendida em 16 partes.

- a) NBR ISO 10545-1 (ABNT, 2017) - Placas cerâmicas. Parte 1: Amostragem e critérios para aceitação.
- b) NBR ISO 10545-2 (ABNT, 2017) - Placas cerâmicas. Parte 2: Determinação das dimensões e qualidade superficial.
- c) NBR ISO 10545-3 (ABNT, 2017) - Placas cerâmicas. Parte 3: Determinação da absorção de água, porosidade aparente, densidade relativa aparente e densidade aparente.
- d) NBR ISO 10545-4 (ABNT, 2017) - Placas cerâmicas. Parte 4: Determinação de carga de ruptura e módulo de resistência à flexão.
- e) NBR ISO 10545-5 (ABNT, 2017) - Placas cerâmicas. Parte 5: Determinação da resistência ao impacto pela medição do coeficiente de restituição.
- f) NBR ISO 10545-6 (ABNT, 2017) - Placas cerâmicas. Parte 6: Determinação da resistência à abrasão profunda para placas não esmaltadas.
- g) NBR ISO 10545-7 (ABNT, 2017) - Placas cerâmicas. Parte 7: Determinação da resistência à abrasão superficial para placas esmaltadas.

- h) NBR ISO 10545-8 (ABNT, 2017) - Placas cerâmicas. Parte 8: Determinação da expansão térmica linear.
- i) NBR ISO 10545-9 (ABNT, 2017) - Placas cerâmicas. Parte 9: Determinação da resistência ao choque térmico.
- j) NBR ISO 10545-10 (ABNT, 2017) - Placas cerâmicas. Parte 10: Determinação da expansão por umidade.
- k) NBR ISO 10545-11 (ABNT, 2017) - Placas cerâmicas. Parte 11: Determinação da resistência ao gretamento de placas esmaltadas.
- l) NBR ISO 10545-12 (ABNT, 2017) - Placas cerâmicas. Parte 12: Determinação da resistência ao congelamento.
- m) NBR ISO 10545-13 (ABNT, 2017) - Placas cerâmicas. Parte 13: Determinação da resistência química.
- n) NBR ISO 10545-14 (ABNT, 2017) - Placas cerâmicas. Parte 14: Determinação da resistência ao manchamento.
- o) NBR ISO 10545-15 (ABNT, 2017) - Placas cerâmicas. Parte 15: Determinação de cádmio e chumbo presentes nas placas cerâmicas esmaltadas.
- p) NBR ISO 10545-16 (ABNT, 2017) - Placas cerâmicas. Parte 16: Determinação de pequenas diferenças de cor.

Rezende (2021) cita Campante e Baía (2003), onde abordam as partes relacionadas à placas cerâmicas:

- a) Absorção de água: propriedade relacionada à porosidade da placa cerâmica e que interfere na resistência mecânica e resistência a impactos;
- b) Resistência mecânica: propriedade relacionada à composição da placa cerâmica e sua espessura, sendo medida através do módulo de resistência à flexão e da carga de ruptura;
- c) Resistência à abrasão: propriedade medida através da abrasão superficial para placas esmaltadas e da abrasão profunda para placas não esmaltadas;
- d) Dilatação térmica e expansão por umidade (EPU): propriedade relacionada ao aumento de dimensão da placa, causado por variação de calor e umidade, respectivamente;
- e) Resistência à gretagem: propriedade que ocorre em placas esmaltadas quando a expansão da camada superficial e expansão do corpo da placa não acontecem na mesma intensidade, gerando fissuras finas;

- f) Resistência à choques térmicos: propriedade que faz a placa resistir a uma grande variação de temperatura;
- g) Resistência à mancha: propriedade associada à facilidade de limpeza da superfície da placa;
- h) Resistência à ataque químico: propriedade que mede a resistência da placa diante à ação de produtos químicos, como por exemplo materiais de limpeza;
- i) Resistência ao escorregamento: propriedade medida pelo coeficiente de atrito dinâmico, quanto maior a rugosidade da placa, maior a resistência ao escorregamento.

## **2.2 Tipos de Bases para assentamento do revestimento**

Existem tipos de bases que recebem o assentamento do revestimento cerâmico, são elas:

- a) Alvenaria estrutural: sistema construtivo que dispensa a utilização de vigas e pilares, pelo fato de ser realizada a distribuição dos blocos ou tijolos de maneira que estes distribuam as cargas igualmente em toda a fundação.
- b) Alvenaria de vedação: suas paredes de blocos de cimento ou cerâmico suportam apenas o peso próprio e as cargas das janelas e portas, sendo necessário o uso de vigas, pilares e lajes para direcionamento das solicitações verticais e horizontais ao solo.
- c) Paredes de concreto: é uma técnica que consiste na produção simultânea da vedação e estrutura em um único elemento e que em geral são compostos de lajes maciças de concreto armado, sendo as paredes moldadas no local com formas removíveis.

## **2.3 Impermeabilizante**

Segundo Soares (2014), desde o início da civilização, o homem primitivo procurava abrigo em cavernas, ambientes que o isolavam de chuvas, animais e frio. Uma de suas preocupações era que nessas cavernas havia penetração de água nas paredes e chão, tornando assim os ambientes insalubres. Com o problema de penetração de água, o homem foi aprimorando seus métodos construtivos a fim de proteger sua habitação.

Para a proteção dos ambientes das habitações, foi necessário desenvolver um sistema de impermeabilização dos ambientes, o qual consiste em um conjunto de operações e técnicas construtivas, composto por uma ou mais camadas, possuindo a finalidade de proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, vapores e umidade segundo a norma NBR 9575 (ABNT, 2010).

Existem dois métodos de impermeabilização:

- a) Impermeabilização flexível, que é o conjunto de materiais que apresentam flexibilidade compatíveis e aplicáveis às partes construtivas sujeitas à movimentação do elemento construtivo. É possível ser utilizada, por exemplo, em áreas molhadas, como em pisos frios de banheiros, cozinhas, varandas e áreas de serviços.
- b) Impermeabilização rígida, que é o conjunto de materiais ou produtos que não apresentam características de flexibilidade compatíveis e aplicáveis às partes construtivas não sujeitas à movimentação do elemento construtivo. Utiliza-se impermeabilizantes rígidos em poços de elevador, reservatórios de água, baldrame, muro de arrimo.

O material utilizado na impermeabilização flexível é a argamassa polimérica, a qual é constituída de agregados minerais inertes, cimento e polímeros, formando um revestimento com propriedades impermeabilizantes.

A impermeabilização deve ser executada de modo a:

- a) Evitar a passagem de fluidos e vapores nas construções, pelas partes que requeiram estanqueidade, podendo ser integrados ou não outros sistemas construtivos, desde que observadas normas específicas de desempenho que proporcionem as mesmas condições de estanqueidade;
- b) Proteger os elementos e componentes construtivos que estejam expostos ao intemperismo, contra a ação de agentes agressivos presentes na atmosfera;
- c) Proteger o meio ambiente de agentes contaminantes por meio da utilização de sistemas de impermeabilização;
- d) Possibilitar, sempre que possível, acesso à impermeabilização, com o mínimo de intervenção nos revestimentos sobrepostos a ela, de modo a ser evitada, tão logo sejam percebidas falhas do sistema impermeável, a degradação das estruturas e componentes construtivos.

Após a execução da impermeabilização em áreas molhadas, é necessário seguir, também de acordo com sua norma específica NBR 13753 (ABNT, 1996), o processo de execução do assentamento de revestimentos cerâmicos.

#### **2.4 Argamassa colante**

A NBR 14081-1 (ABNT, 2012) define Argamassa colante como sendo um produtos industrial, no estado seco, composto de Cimento Portland, agregados minerais e aditivos



químicos, que, quando misturado com água, forma uma massa viscosa, plástica e aderente, empregada no assentamento de placas cerâmicas para revestimento.

#### **2.4.1 Tipos de Argamassa Colante**

As argamassas colantes industrializadas são designadas, por norma, pela sigla “AC”, seguida dos algarismos romanos I, II, III, indicativos de seu tipo.

AC I é a argamassa colante industrializada com características de resistência às solicitações mecânicas e termo-higrométricas típicas de revestimentos internos, com exceção dos aplicados em saunas, churrasqueiras, estufas e outros tipos de revestimentos especiais.

AC II é uma argamassa colante industrializada com características de adesividade que permitem absorver os esforços existentes em revestimentos de pisos e paredes internos e externos sujeito a ciclos de variação termo-higrométrica e à ação do vento.

Já a AC III, é uma argamassa colante industrializada que apresenta aderência superior em relação a AC I e AC II.

#### **2.5 Patologias em construções**

Desde os primórdios da civilização que o homem tem se preocupado com a construção das estruturas adaptadas às suas necessidades, sejam elas habitacionais (casas e edifícios), laborais (escritórios, indústrias, silos, galpões, etc.), ou de infraestrutura (pontes, cais, barragens, metrô, aquedutos, etc.). Com isto, a humanidade acumulou um grande acervo científico ao longo dos séculos, o que permitiu o desenvolvimento da tecnologia na construção, abrangendo a concepção, o cálculo, a análise e o detalhamento das estruturas, a tecnologia de materiais e as respectivas técnicas construtivas (SOUZA; RIPPER, 1998).

O crescimento sempre acelerado da construção civil, em alguns países e épocas, provocou a necessidade de inovações que trouxeram, em si, a aceitação implícita de maiores riscos. Aceitos estes riscos, ainda que dentro de certos limites, a progressão do desenvolvimento tecnológico aconteceu naturalmente, e, com ela, o aumento do conhecimento sobre estruturas e materiais. Apesar disto, tem sido constatado que algumas estruturas acabam por ter desempenho insatisfatório, se confrontadas com as finalidades a que se propunham. Desse fato, surge o termo Patologia em edificações.

Segundo Caporrino (2018), patologia das edificações relacionam a origem, formas, aspectos, possíveis soluções de falhas nas edificações e como fazer com que os componentes de uma edificação atendam aos requisitos mínimos para os quais foi projetado. Falta de

detalhamento em projeto, falhas na execução, má qualidade dos materiais e falta de manutenção podem acarretar em graves falhas nas edificações.

## 2.6 Patologias em revestimentos cerâmicos

Nem sempre uma edificação é finalizada como planejada, isso se deve ao fato de que, em grande parte das vezes, é possível notar patologias advindas de diversos fatores, podendo ser facilmente identificadas em revestimentos cerâmicos. Essa patologia é capaz de comprometer a segurança, o conforto e a estética da obra.

Em seu estudo, Pezzato (2010) descreve a classificação das patologias no sistema de revestimento cerâmico, são elas:

- a) Problemas nas camadas anteriores ao revestimento causadas por imperfeições na base, na estrutura do edifício, nos suportes ou camadas de impermeabilização que antecedem a placa cerâmica;
- b) Defeito de fabricação da placa cerâmica, não detectado na fábrica, podendo ser superficial na placa (no esmalte) ou interno, no biscoito;
- c) Erro ou falta de especificação do revestimento cerâmico. A principal condicionante para a escolha do revestimento cerâmico é o tipo de uso do ambiente ao qual receberá o produto, uma vez que para cada caso haverá exigências e prioridades.
- d) Erro ou inexistência de especificação da argamassa colante e da argamassa de rejuntamento;
- e) Falhas no assentamento. As patologias ocorrem quando o tempo de maturação, o tempo em aberto e a validade da argamassa colante não são respeitados, provocando mudanças de comportamento da argamassa, o que prejudica a aderência da placa cerâmica na base do substrato;
- f) Falta de juntas de dilatação e erro da espessura das juntas de rejuntamento;
- g) Problemas de manutenção e limpeza incorreta do sistema. Muitas vezes, são aplicados produtos com agentes químicos corrosivos ou abrasivos na limpeza final da obra para a retirada de resquícios de cimento ou outros materiais utilizados.

Segundo Rezende et al., (2021), as manifestações patológicas que surgem nas vedações na maioria das vezes ocorre em componentes específicos, porém isso não significa que são originários dos mesmos. “É possível que eles estejam vinculados a danos ou falhas decorrentes

de outros elementos da edificação em virtude da ligação entre cada componente de maneira a promover a propagação do dano.”

As principais patologias que podem vir a ocorrer em revestimentos cerâmicos são: gretamento, trincas, fissuras, manchas e deslocamento.

### 2.6.1 Gretamento e Trincas

A NBR ISO 10545-11 (ABNT, 2017) define gretamento como sendo pequenas rupturas de espessura semelhantes a fios de cabelo, limitada à superfície esmaltada da placa cerâmica.

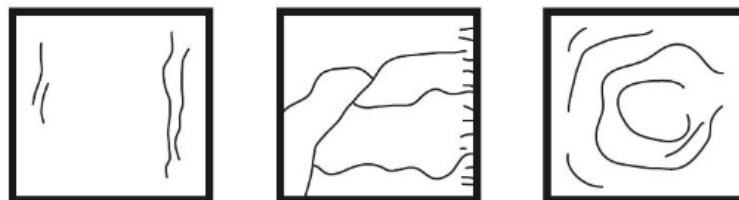
Trincas, segundo Silva (2014), podem ser entendidas como a ruptura no corpo da peça, sob a ação de esforços, provocando a separação de suas partes e é manifestada através de linhas estreitas que configuram o grau de sua abertura, sendo que, em geral, apresenta-se com dimensões superiores a 1 mm.

Rezende et al., (2021) relata que a gretagem pode ocorrer pela utilização de materiais com defeitos de fábrica ou por tensões atuantes entre a base e o esmalte da peça cerâmica.

A principal diferença entre a gretagem e trincas, é o seu meio de ação. Na gretagem as fissuras se apresentam apenas na superfície esmaltada, não atingem o corpo cerâmico. As trincas além de apresentarem fissuras na superfície esmaltada, elas alcançam o corpo cerâmico da peça, acontecendo tanto em peças esmaltadas e não esmaltadas. Na gretagem as microfissuras se espalham pela peça, parecendo teias de aranha, nas trincas apenas uma fissura. (SANTOS, 2019).

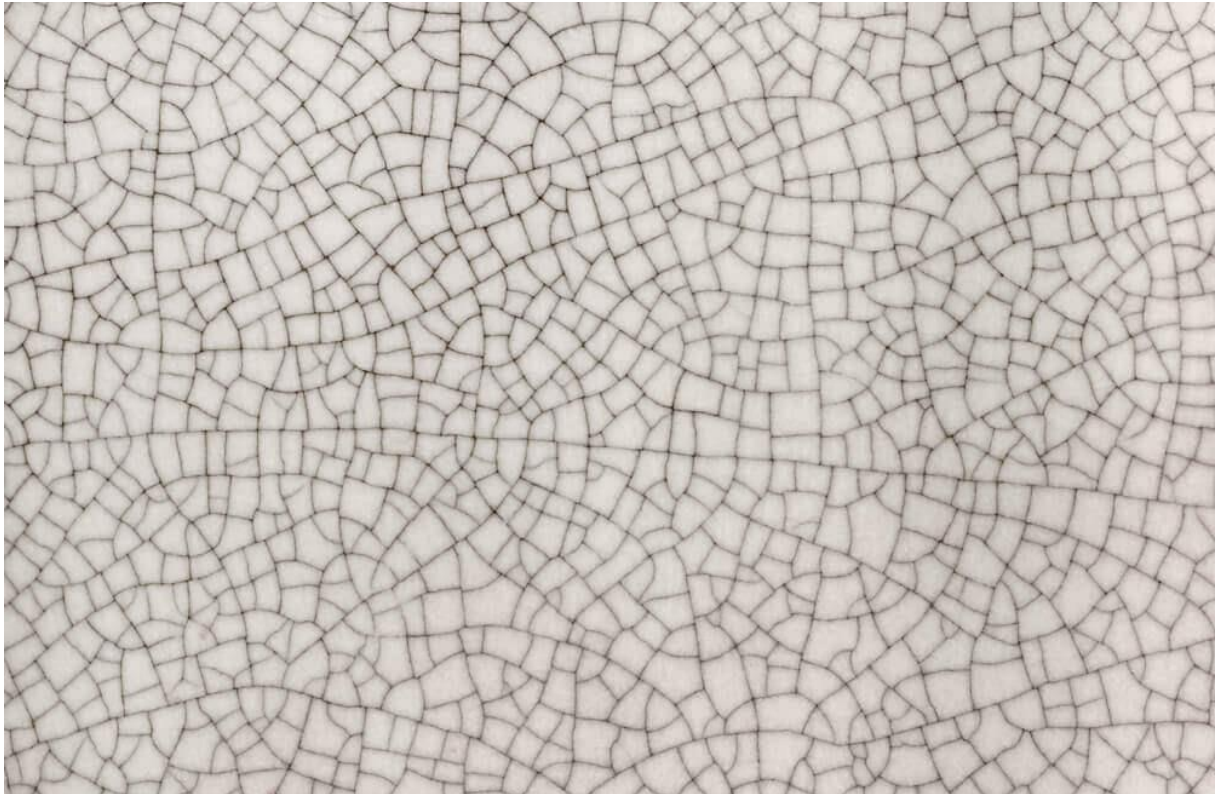
As Figura 1 e 2 demonstra como ocorre o gretamento em placas cerâmicas:

Figura 1 - Gretamento de placas monocolors



Fonte: NBR ISO 10545-11 (ABNT, 2017)

Figura 2 - gretamento em placa cerâmica.



Fonte: <https://pointer.com.br/blog/causas-do-gretamento/>

### **2.6.2 Manchas**

As manchas que surgem em revestimentos cerâmicos podem ser causadas por eflorescências, bolor, e manchas devido ao uso.

A eflorescência é definida por Oliveira Junior (2018) como um aglomerado de uma substância cristalina branca, as quais surgem superfície do revestimento, pelo fato de haver migração e subsequente evaporação de soluções aquosas salinizadas. “A eflorescência faz parte de um grupo de manifestações patológicas de construção que provocam danos estéticos e estruturais, em casos mais avançados.”

A seguir, pode-se observar na Figura 3, o desenvolvimento da eflorescência em revestimentos cerâmicos.

Figura 3 - Eflorescência em revestimento cerâmico



Fonte: <https://cimentomaua.com.br/eflorescencia-descubra-como-evitar>.

Chaves (2009) conclui que existem alguns fatores principais que contribuem para a eflorescência acontecer em revestimentos cerâmicos, são eles: quantidade de água, o tempo de contato, a temperatura e a porosidade dos materiais. Sendo assim, para evitar o aparecimento de eflorescências, deve-se tomar os seguintes cuidados:

- a) Utilizar argamassas com baixo teor de álcalis;
- b) Usar revestimento cerâmico de boa qualidade, que não contenha na sua composição sais solúveis;
- c) Antes da aplicação do revestimento, garantir que a base se encontre devidamente seca.

Montecielo e Edler (2021) descrevem bolor com sendo “manchas que aparecem normalmente sobre a superfície e, por se tratar de um grupo de seres vivos (fungos, algas e bactérias) se proliferam em condições de clima favoráveis, como em ambientes úmidos, mal ventilados ou mal iluminados”.

O crescimento de bolor está diretamente ligado à existência de umidade (alto teor no elemento o qual estão ou no ar). É comum o emboloramento em paredes umedecidas por infiltração de água ou vazamento de tubulações (DE SOUZA, 2008).

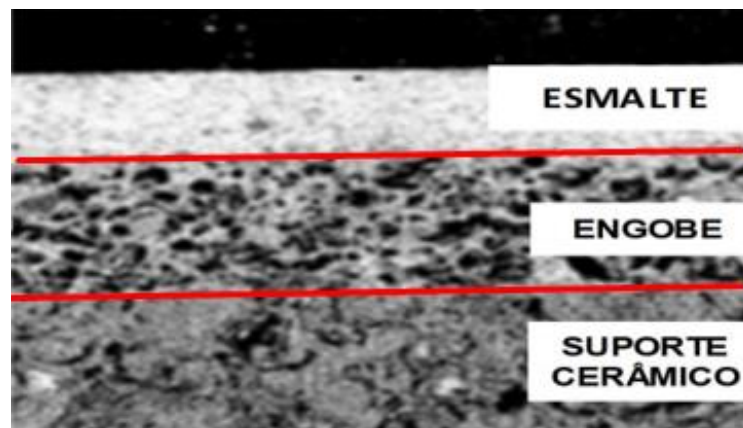
A seção transversal de um revestimento cerâmico é composto pelo esmalte decorativo, pelo engobe e o suporte. O esmalte é a camada vítrea aplicada sobre os corpos cerâmicos, o engobe é uma mistura de argilas, caulins e materiais não plásticos e o suporte confere resistência mecânica ao conjunto. Quando existe uma absorção de água no revestimento, as camadas mais atingidas, segundo Pezzato (2010), são o esmalte e o engobe.

Pezzato (2010) concluiu que, na maioria das vezes, o início das manchas ocorre nas extremidades das placas, geralmente por falhas no rejuntamento ou utilização de rejunte poroso. “O escurecimento pode acontecer quando a placa possui uma espessura do esmalte e do engobe menores que o padrão estabelecido e/ou por falhas no material e na aplicação do rejuntamento, permitindo a penetração da água entre o esmalte e o engobe”.

A Figura 4 retrata, por meio de microscopia eletrônica de varredura, a seção transversal de um revestimento cerâmico, onde é possível destacar suas camadas constituintes.

O esmalte é a camada vítrea aplicada sobre os corpos cerâmicas com a função de acabamento e decoração da peça. Essa camada possui uma densidade maior, uma vez que se encontra na superfície da peça e não é aceitável absorção de qualquer forma. Já o engobe e o tardo, possuem a densidade menor e mais poros para que haja a absorção do material colante.

Figura 4 - Seção transversal de revestimentos cerâmicos.



Fonte: Bernardini et al (2020).

Segundo Timellini e Carani (1997), manchas são irregularidades que danificam as placas de acordo com o seu uso. A seguir, os autores descrevem quais são os principais mecanismos de manchamentos em revestimentos cerâmicos:

- a) Ação química: quando a mancha produz um ataque químico sobre a superfície, tendo como exemplo vinagre, vinho tinto, suco de limão e azeite de oliva. Possui maior ocorrência em placas desgastadas.
- b) Ação penetrante e com coloração: quando a mancha tem poder de penetrar em um material através da porosidade superficial, por exemplo tintas.
- c) Ação oxidante: quando o agente manchante é também um oxidante, como bebidas carbonatadas de cola.
- d) Formação de película ou camada: quando a mancha tem o poder de formar uma película persistente e contínua sobre a superfície, como azeite de oliva e café.

### 2.6.3 Desplacamento

O deslocamento cerâmico é considerado a patologias mais grave, apesar de ser muito comum. Os sintomas podem ser observados, inicialmente, a partir da repercussão de um somoco em alguns componentes, seguido do descolamento dos mesmos, podendo ocorrer, eventualmente, o descolamento imediato (SILVA, 2014).

Santos (2017) cita Rêgo (2012) e expõe três tipos de danos nos materiais utilizados para o assentamento cerâmico, são eles:

- a) Descolamento adesivo: ocorre na interface do revestimento com o adesivo, ou seja, em que o revestimento descolou e o adesivo permaneceu aderido ao substrato.
- b) Descolamento coesivo: ocorre descolamento do substrato, observado com mais frequência quando o substrato apresenta uma espessura mais elevada, em que aparentemente foi executada em uma única camada. Isso acarreta a fragilidade do substrato e conseqüente descolamento da base do revestimento.
- c) Descolamento misto: ocorre tanto o descolamento adesivo quanto o coesivo, onde evidencia-se o descolamento do adesivo da placa cerâmica e arrancamento do substrato.

Segundo Silva (2014), o deslocamento cerâmico é promovido, na maioria das vezes, por um conjunto de fatores que atuam simultaneamente, como por exemplo: projeto, execução, materiais e mão de obra



Esse tipo de patologia ocorre quando há a falha na junção entre placas cerâmica e argamassa de assentamento ou argamassa de assentamento com o substrato, geralmente gerado por tensões que ultrapassam o limite de resistência desses materiais. Este problema é caracterizado pelo deslocamento de porções do revestimento, pontuais ou generalizados. (BARROS, 2020)

A Figura 5 demonstra a ocorrência do deslocamento cerâmico.

Figura 5 - Deslocamento cerâmico generalizado.



Fonte: Sirianni (2020).

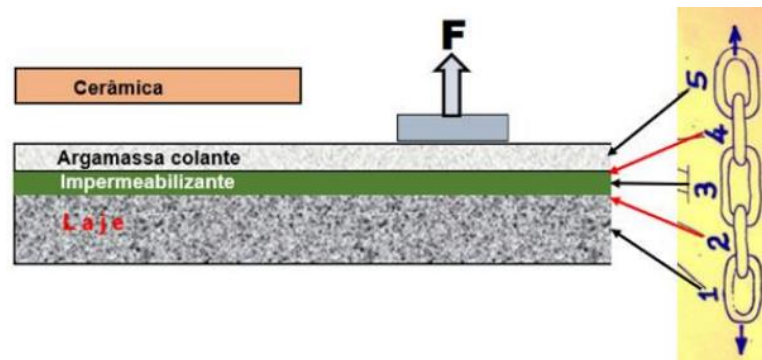
Segundo Pezzato (2010), falha na aderência das placas é uma patologia ligada principalmente a revestimentos cerâmicos. A imperfeição de aderência pode ocorrer, devido a:

- a) Interface argamassa colante/substrato;
- b) Interface argamassa colante/placa cerâmica;
- c) Camada de argamassa colante;
- d) Ruptura no substrato;
- e) Ruptura na placa cerâmica.

A Figura 6 demonstra um paralelo entre a resistência de aderência do sistema de revestimento e o ensaio de tração de uma corrente. Vale ressaltar, que as numerações 1 e 2 na imagem simbolizam os elos: laje X impermeabilizante e impermeabilizante X argamassa colante.



Figura 6 – Ilustração das camadas que podem ser envolvidas do deslocamento de revestimento cerâmico.



Fonte: Própria autora (2021).

Barros (2020) cita Campante (2001) e conclui que outros fatores importantes para a origem dos problemas de deslocamento são:

- a) Materiais: retração, movimentos térmicos e causados por umidade, deformações estruturais e de fundações, reações álcali agregados e existência de falhas na camada de assentamento;
- b) Meio ambiente: movimentos térmicos cíclicos, ciclo molhagem-secagem, chuvas ácidas, poluição e raios ultravioletas;
- c) Construção: sequência de trabalho, falhas na mistura das argamassas, cura inadequada, falhas na preparação da superfície, acesso;
- d) Projeto: seleção de material, mau projeto, especificação de trabalho, polímeros, tipo de mistura.

## 2.7 Processo de execução de pisos cerâmicos

Para efeito de minimização desses problemas de patologias em revestimentos cerâmicos, o procedimento para assentamento em paredes deve adequar-se com a Norma Brasileira (NBR) 13753 – Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento.

Segundo a norma NBR 13753 (ABNT, 1996), antes de iniciar a execução de assentamento dos revestimentos, é necessário verificar se o estoque de placas cerâmicas é o suficiente para realizar todo o serviço, sendo recomendado que se tenha uma margem para o caso de imprevistos, cortes ou futuros reparos. Essa margem é conhecida como reserva técnica do material.

Existem alguns pontos que deverão estar concluídos antes que a execução do piso com revestimento cerâmico se dê início, são eles (ABNT, 1996):

- a) Revestimento cerâmico de paredes;
- b) Revestimento cerâmico de tetos caso seja aplicado;
- c) Fixação de caixilhos;
- d) Execução da impermeabilização;
- e) Instalação de tubulações embutidas nos pisos;
- f) Ensaios das tubulações existentes quanto à estanqueidade.

Após a verificação dos itens citados acima, pode-se dar início à execução do serviço de assentamento de revestimento cerâmico no piso, com o preparo da argamassa.

### **2.7.1 Preparo da argamassa colante**

Segundo a norma NBR 14081-1 (ABNT, 2012), para o preparo, devem ser seguidas as recomendações do fabricante. No preparo mecânico, basta colocar a quantidade de água descrita na embalagem e misturar junto ao pó com a ajuda do misturador, até obter uma argamassa sem grumos, pastosa e aderente.

A argamassa não deverá ficar exposta durante muito tempo sem ser utilizada, pois esta perderá sua validade de utilização, devendo ser descartada e repostada por uma argamassa “fresca”. Caso a mistura esteja há algum tempo preparada, deve-se analisar pelo “toque do dedo” se esta não apresenta película seca superficial e se ao colocar o dedo em contato com a mistura, ele vem impregnado de pasta.

### **2.7.2 Assentamento do revestimento cerâmico**

Para a aplicação da argamassa colante, é utilizada a desempenadeira de aço dentada, fabricada em chapa de aço, tendo dentes em duas das suas faces e nas outras duas a chapa é lisa. Em função da área das superfícies das placas cerâmicas, os formatos das desempenadeiras dentadas são indicados na Tabela 1:

Tabela 1 - Formatos desempenadeiras dentadas.

Área "S" da superfície das placas cerâmicas (cm <sup>2</sup> )	Formato dos dentes da desempenadeira (mm)
S < 400	Quadrados 6x6x6
400 ≤ S < 900	Quadrados 8x8x8
S ≥ 900	Quadrados 8x8x8

Fonte: NBR 13753 (ABNT, 1996)

A desempenadeira lisa é utilizada para passar uma camada de argamassa na peça de azulejo ou porcelanato, já a desempenadeira dentada é ideal para passar a camada de argamassa no chão ou parede, formando dentes na massa e aumentando a aderência entre a mesma e a peça de revestimento.

Para placas com área superficial menor que 400 cm<sup>2</sup>:

- a) Espalhar e pentear a argamassa colante com desempenadeira sobre o contra piso;
- b) Aplicar cada placa cerâmica sobre os cordões de argamassa colante ligeiramente fora de posição e em seguida pressioná-la, arrastando-a perpendicularmente aos cordões, até a sua posição final;
- c) Atingida a posição final, aplicar vibrações manuais de grande frequência, transmitidas pelas pontas dos dedos, procurando obter a maior acomodação possível, que pode ser constatada quando a argamassa colante fluir nas bordas da placa cerâmica.

Na aplicação das placas cerâmicas, os cordões de argamassa colante devem ser totalmente desfeitos, formando uma camada uniforme, configurando-se impregnação total do tardoz pela argamassa colante. Também pela NBR 13753 (ABNT, 1996), entende-se que tardoz é a face da placa que fica em contato com a argamassa de assentamento.

As juntas de assentamento, espaçamentos entre as placas cerâmicas utilizados para aliviar as tensões originadas pela movimentação da laje ou do próprio piso, deverão seguir as especificações do fabricante, de acordo com cada tipo de placa.

Após o assentamento, é necessário um período de 72 horas sem que haja trânsito de pessoas sobre o piso.

### **2.7.3 Rejuntamento das placas cerâmicas**

Após dadas as 72 horas, deve ser realizado por meio de percussão com instrumento não contundente, se existe alguma placa que apresente som cavo ou oco. Caso houver, a mesma deve ser removida imediatamente e ser realizado um novo assentamento.

Se não houverem placas com som cavo, deve-se realizar o rejuntamento das placas, preparando o rejunte de acordo com as recomendações do fabricante. Segundo a norma NBR 13753 (ABNT, 1996), o termo “Rejunte” se dá por ser uma argamassa introduzida nas juntas de assentamento, com o fim de preenchê-las, evitando infiltrações. O rejunte ajuda também no alinhamento das peças de revestimento, possibilitando que a superfície fique plana e tornando a limpeza de pisos e paredes mais fácil.

A condição para início do rejuntamento é não haver sujidade, resíduos ou poeiras entre as placas, que impeçam a penetração e aderência do rejuntamento. Após realizado, é necessário que deixe o rejunte secar de 15 a 30 minutos e logo após realizar a limpeza com uma esponja de borracha macia, limpa e úmida. Deve-se finalizar a limpeza com um pano limpo e seco. Os pisos cerâmicos recém rejuntados não devem ser submetidos ao caminhar de pessoas ou qualquer outra solicitação mecânica.

### 3 MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 Localização e descrição da edificação

A edificação em estudo se encontra em um condomínio residencial em construção, localizado em Campinas/SP.

Trata-se de um condomínio residencial multifamiliar, construído pela construtora “A”. É constituído por duas torres de 17 pavimentos cada, totalizando 272 apartamentos e bloco garagem separado das torres contendo 2 pavimentos. Cada uma das torres possui 8 apartamentos por pavimento, com área de revestimento cerâmico de piso e parede de 66,81 m<sup>2</sup> para apartamentos de canto e 64,69 m<sup>2</sup> de revestimento cerâmico para apartamentos de meio. Além disso, cada torre possui 4 elevadores, 2 por lado. A área social comum é composta por: piscina, espaço gourmet com churrasqueira, salão de festas, vestiários, apoios, lixeira e guarita.

O sistema construtivo utilizado para a edificação em questão foi o sistema de paredes de concreto com a utilização de formas metálicas, o qual garante a agilidade, sustentabilidade e eficiência.

A Figura 7 mostra as torres 1 e 2 do condomínio em estudo.

Figura 7 - Torres 1 e 2 do condomínio multifamiliar.



Fonte: Própria autora (2021).

O problema de deslocamento começou a se apresentar nos pisos da Torre 1, persistindo até o oitavo pavimento da segunda torre. Vale ressaltar que todos os revestimentos cerâmicos, pisos e azulejos, são do mesmo fornecedor.

O revestimento utilizado para assentamento no condomínio em questão é um porcelanato acetinado da categoria “Porcelanato GI”, ideal para áreas internas molhadas como lavanderias, banheiros e cozinhas.

Foi escolhido um apartamento modelo para ser realizado o teste, onde neste ainda não havia sido instalado revestimento cerâmico, para facilitar desde a análise da base até o assentamento do revestimento.

### 3.2 Etapas da pesquisa

Foi realizado um estudo sobre a impermeabilização do local, uma vez que a aplicação do impermeabilizante seria a possível causa do problema. Com isso, foram executados os ensaios de espectrometria de infravermelho, expansão por umidade de placas cerâmicas, ensaio de risco do impermeabilizante e também ensaio de resistência de aderência.

#### 3.2.1 Procedimentos experimentais

Neste tópico serão descritos todos os passos e experimentos realizados para verificação da qualidade dos materiais utilizados.

Houve dois tipos de assentamento:

- a) **placa assentada normalmente:** nesta condição, seguindo a NBR 13753 (ABNT, 1996), foi passada a argamassa colante nas peças utilizando o lado liso da desempenadeira e assentado as mesmas diretamente sobre a camada de argamassa colante no chão (com o lado dentado da desempenadeira), acima da camada de impermeabilizante.
- b) **placa assentada sobre filme plástico de PVC:** assentamento das placas, colocando sobre os cordões de argamassa colante do chão, um plástico, de modo que os cordões de argamassa colante fossem esmagados, sem que houvesse aderência da argamassa colante à placa cerâmica. Depois de assentadas, as placas cerâmicas foram removidas para visualização do esmagamento dos cordões de argamassa colante e, a seguir, foram reposicionadas nos mesmos locais, ficando assim até a data do ensaio, para que a condição de cura da argamassa colante seja a mesma de um assentamento normal.

Com a utilização do plástico colocado em 75% dos panos experimentais antes do posicionamento da placa cerâmica, a mesma foi desconsiderada do sistema por não haver

contato direto entre a placa cerâmica e a argamassa. Assim, os ensaios de resistência de aderência poderiam indicar para cada uma das condições de aplicação (assentamentos com o emprego do plástico) as tensões e formas de ruptura para cada caso.

Além das condições de ruptura estabelecidas por Pezzato (2010), deve-se considerar para a situação, mais dois tipos de ruptura:

1. Ruptura na interface laje x impermeabilizante;
2. Ruptura na interface impermeabilizante x argamassa colante.

Para fins comparativos, foram utilizados impermeabilizantes de dois fornecedores, sendo: Impermeabilizante B (utilizado no assentamento dos pisos que tiveram o deslocamento) e Impermeabilizante O (apenas para comparar resultados com o B). Baseado na hipótese inicial de que a causa do problema era o Impermeabilizante B, executou-se os dois tipos de assentamento apenas nos panos impermeabilizados por ele. Já nos panos impermeabilizados pelo impermeabilizante O, foi realizado apenas o assentamento sobre o plástico para verificação do esmagamento dos cordões de argamassa.

Para facilitação do entendimento, a Tabela 2 apresenta as nomenclaturas utilizadas para identificar as amostras e seus respectivos fabricantes:

Tabela 2 - Nomenclaturas para identificação do tipo de assentamento realizado.

<b>IMPERMEABILIZANTE</b>	<b>AMOSTRA</b>	<b>ASSENTAMENTO</b>
B	B3	SOBRE PLÁSTICO
B	B4	SOBRE PLÁSTICO
B	B7	NORMAL
B	B8	NORMAL
O	O3	SOBRE PLÁSTICO
O	O4	SOBRE PLÁSTICO
O	O7	SOBRE PLÁSTICO
O	O8	SOBRE PLÁSTICO

Fonte: Própria autora (2021).

Os panos experimentais, inicialmente foram concebidos visando a avaliação do sistema de revestimento sem as placas cerâmicas, uma vez que nos casos observados de descolamentos, este nunca ocorria na interface da placa cerâmica com a argamassa colante.

A seguir, serão descritos os procedimentos e ensaios realizados:

### i. Espectrofotometria de infravermelho

Para a realização do ensaio utilizou-se o espectrômetro, onde foram testadas quatro amostras de 300 gramas, sendo que cada uma foi retirada de um lote distinto do impermeabilizante.

Por ser muito difícil conhecer afundo a formulação do Impermeabilizante B e levando em consideração a alteração de formulação do mesmo, visando verificar como essa eventual alteração pudesse estar alterando o desempenho do impermeabilizante, optou-se por ensaiar amostras do produto com lotes que não apresentaram problemas e lotes que resultaram em descolamentos para verificar a natureza da resina do mesmo. A Tabela 3 demonstra os lotes das argamassas estudadas e suas respectivas datas de fabricação, sendo os lotes 02164 e 02703 os que foram utilizados nos pisos que deslocaram.

Tabela 3 - Lote e data de fabricação das amostras.

INDICAÇÃO FORNECIDA PELO CLIENTE	
LOTE	DATA
0704	07/04/2021
01469	10/02/2021
02164	14/06/2021
02703	27/03/2021

Fonte: Fornecedor B (2021).

Como a NBR 11905 (ABNT, 1992) em seu item 4.3, veda a utilização de resinas a base de PVA, por serem suscetíveis à reemulsificação e saponificação, decidiu-se verificar se nos novos lotes a resina utilizada não tinha sido à base de PVA.

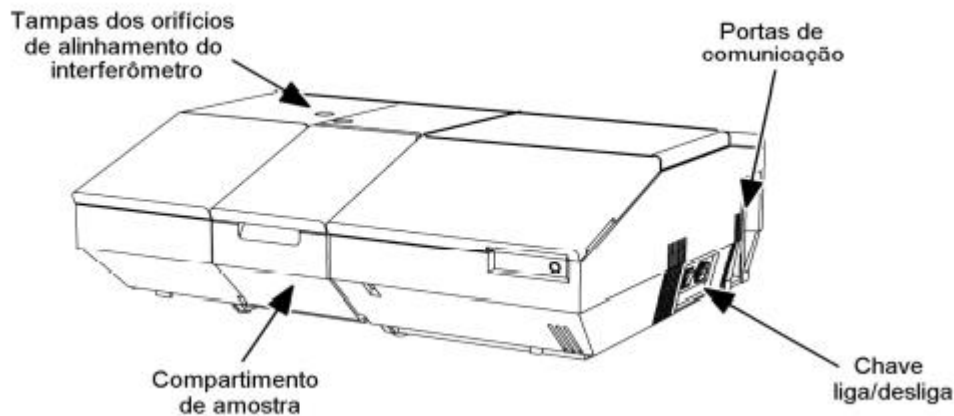
Dessa forma foi realizado o ensaio de espectrofotometria de infravermelho (I.V.), atendendo os requisitos do sistema de gestão da qualidade descritos na NBR ISO/IEC 17025 (ABNT, 2017) de 4 amostras do produto, a fim de identificar a composição das amostras.

O método de espectrometria de infravermelho descreve o procedimento para análise qualitativa de materiais orgânicos e inorgânicos com o uso de espectroscopia no infravermelho. Têm o propósito de descrever o preparo de amostras e a obtenção de espectros, bem como de fornecer orientações básicas para interpretação dos mesmos. Esse método é utilizado para análise de qualquer tipo de amostra (polímeros, materiais inorgânicos) em suas diversas formas de apresentação: filme, líquido, pó, dentre outros (HAACK, 2010).

A Figura 8 demonstra o equipamento utilizado para realizar o ensaio de espectrofotometria de infravermelho.



Figura 8 - Espectrômetro.



Fonte: Haack (2010).

## ii. Expansão por umidade (EPU) das placas cerâmicas

Para realização das avaliações sobre EPU, foram ensaiadas 4 placas cerâmicas de acordo com a NBR 10545-10 (ABNT, 2017).

A princípio, foi realizada a requeima dos corpos de prova em forno capaz de atingir a temperatura de 600° C, a uma taxa de 150° C/h. Após o aquecimento, as amostras esfriaram ainda dentro do forno e retiradas quando a temperatura atingiu (70 ± 10) °C. Mantidas em temperatura ambiente por 24 horas, foi determinado os comprimentos finais das placas nos tempos estipulados pela norma. Após determinados os comprimentos finais, realizaram-se a média entre os valores iniciais e finais de cada amostra.

A segunda etapa foi o tratamento em água destilada fervente, onde as amostras ficaram por 24h submersas em 5 cm de água acima das mesmas. Passadas as 24h, realizaram-se as medições com o intervalo de 3 horas entre as medidas inicial e final.

A expansão por umidade, expressa em milímetro por metro, é calculada usando a equação 1:

$$\frac{\Delta l}{L} \times 1000 \quad (1)$$

Onde:

$\Delta l$  é a diferença entre os dois valores médios, em milímetros;

$L$  é o comprimento médio inicial, em milímetros, dos corpos de prova.

A expansão por umidade, expressa em porcentagem, pode ser calculada usando a equação 2:

$$\frac{\Delta l}{L} \times 100 \quad (2)$$

Segundo a NBR 10545-10 (ABNT, 2017), a maioria das placas cerâmicas esmaltadas e não esmaltadas possuem expansão por umidade natural negligenciável e que não contribui para problemas no revestimento quando as placas estão assentadas corretamente.

Entretanto, com as práticas de instalação insatisfatórias e em certas condições climáticas, a expansão por umidade natural pode agravar os problemas, especialmente quando as placas são assentadas diretamente sobre substratos de concreto com tempo de cura inadequado. Nestes casos, o limite máximo de 0,06 % de expansão por umidade é recomendado para a metodologia usada (ABNT, 2017).

### **iii. Ensaio de Resistência ao Risco**

A avaliação da resistência superficial dos impermeabilizantes foi realizada por meio de ensaio de dureza por risco, o qual consiste em realizar um risco na superfície com um material de dureza maior.

### **iv. Ensaio de resistência de aderência à tração**

Para realização dos ensaios de aderência à tração, os panos experimentais foram preparados da seguinte forma:

- a) Limpeza da base: retirada dos resíduos e lavagem esfregando bem a base para retirada de toda a sujeira impregnada;
- b) Aplicação dos impermeabilizantes nos locais indicados de acordo com procedimento utilizado em obra: 3 demãos;
- c) Cura dos impermeabilizantes nas áreas indicadas por 3 dias;
- d) Execução propriamente dita dos panos experimentais com as seguintes condições de placa assentada normalmente e placa assentada sobre plástico, citadas anteriormente.

A argamassa colante empregada foi do tipo AC III e a mesma foi misturada mecanicamente, conforme NBR 13753 (ABNT, 1996).

### **a) Assentamento das placas - Impermeabilizante B**

Com a base já impermeabilizada pelo Impermeabilizante B, iniciou-se o processo de assentamento do revestimento cerâmico. O primeiro passo foi misturar a argamassa mecanicamente e, após feito, a massa foi colocada sobre a área impermeabilizada com o auxílio de uma pá de pedreiro. Foi usada a desempenadeira dentada 8 mm, como prevê na norma NBR 13753 (ABNT, 1996) para realizar os cordões de argamassa, uma vez que a superfície é maior que 900 cm<sup>2</sup>. O próximo passo foi colocar o plástico sobre a argamassa para evitar a aderência da placa à argamassa e conseguir visualizar o esmagamento dos cordões. Feito isso, foram colocadas as placas em cima do plástico para que houvesse o esmagamento e deixados por 28 dias até a realização do ensaio de resistência.

As Figuras 9 e 10 mostram o assentamento das placas assentadas em base impermeabilizada pelo Impermeabilizante B.

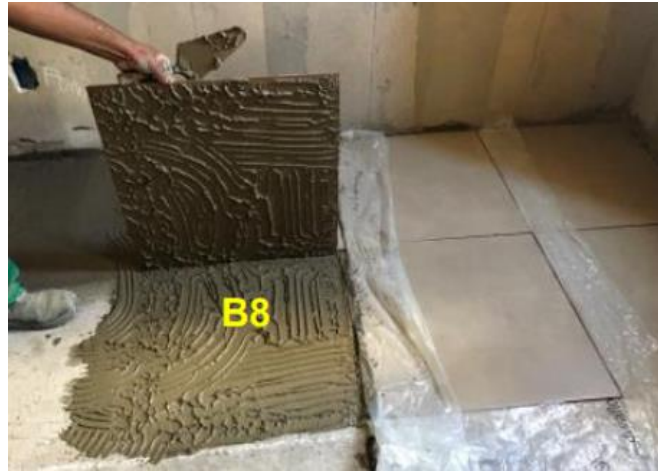
Figura 9 - Condições B3 e B4 após o assentamento das placas sobre o plástico, visualizando o esmagamento dos cordões de argamassa colante.



Fonte: Própria autora (2021).

As placas B7 e B8 foram assentadas diretamente sobre a argamassa colante.

Figura 10 - Verificação da extensão de aderência da placa B8 (sem plástico).



Fonte: Própria autora (2021).

**b) Assentamento das placas - Impermeabilizante O**

As placas O3, O4, O7 e O8 foram assentadas seguindo os mesmos passos do assentamento realizado com a base impermeabilizada pelo impermeabilizante B, porém agora com a base impermeabilizada pelo Impermeabilizante O. É possível verificar o assentamento das placas referentes ao Impermeabilizante O nas Figuras 11 e 12.

Figura 11 - Assentamento da placa O3 sobre o plástico.



Fonte: Própria autora (2021).

Figura 12 - Placa O7 já assentada sobre o plástico e cordões esmagados. Placa O8 ainda não assentada.



Fonte: Própria autora (2021).

O Ensaio de Resistência à Tração foi realizado 28 dias após o assentamento das placas. As placas cerâmicas e os plásticos foram retirados, deixando à mostra a camada de argamassa colante.

Seguindo a NBR 13528-2 (ABNT, 2019), para cada placa foram escolhidos 6 locais onde o esmagamento dos cordões de argamassa foi total para o posicionamento dos corpos de prova. Os ensaios foram realizados com pastilhas metálicas de 5 cm de diâmetro coladas sobre a camada de argamassa colante com massa plástica, após, o corte dos corpos de prova com serra copo diamantada. A Figura 13 mostra o posicionamento dos corpos de prova para a condição B7.

Figura 13 - Distribuição dos corpos de prova para a condição B7 antes da colagem das pastilhas metálicas.



Fonte: Própria autora (2021).

Os corpos de prova foram espaçados entre si em no mínimo 50 mm, e o corte feito com serra copo, adentrando até 5 mm além da interface de interesse. A Figura 14 representa a acoplagem do dinamômetro para realização do ensaio.

Figura 14 - Acoplagem do dinamômetro de tração.



Fonte: Da cunha Oliveira, et. Al (2020)

As pastilhas foram coladas de forma centralizada no corpos de provas, delimitado pelo corte, para evitar a aplicação de esforço excêntrico. Sua colagem foi realizada como indicado a seguir:

- a) Remoção das partículas soltas e a sujeira da superfície sobre a qual foi colada a pastilha metálica, limpando-a com um pincel de cerdas macias;
- b) Verificação de que a superfície de colagem da pastilha metálica estava isenta de qualquer resíduo de ensaios anteriores e aplicação da cola com espátula sobre a face de colagem;
- c) Aplicação da pastilha sobre a superfície do revestimento, pressionando-a e ajustando-a de maneira que seja assegurado o total espalhamento da cola, até um leve extravasamento pelas laterais. A espessura da camada de cola não ultrapassou 5 mm;
- d) Remoção o excesso de cola das bordas com o auxílio de uma espátula;
- e) Aguardado o tempo indicado pelo fabricante para a secagem da cola.

**c) Limpeza da base**

Além dos 8 panos experimentais foram assentadas mais duas placas diretamente na laje, sem o impermeabilizante, nas condições:

- a) Condição A: desbaste da base com prato diamantado para remoção da camada superficial do concreto;
- b) Condição B: limpeza da base com lavadora de alta pressão.

Foi empregada a mesma argamassa colante, mas com consistência um pouco mais fluida, dado que a base ainda estava molhada, o que implicou na maior fluidez da argamassa. As figuras 15 e 16 mostram a superfície com as condições A e B citadas anteriormente.

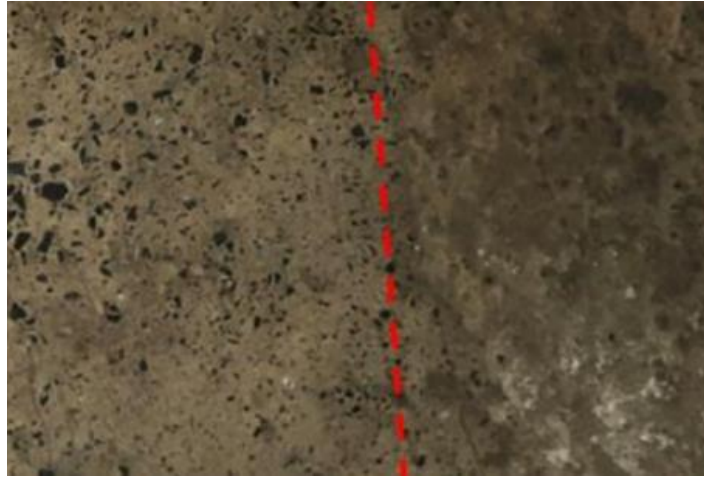
Figura 15 - Bases para as condições A e B.



Fonte: Própria autora (2021).



Figura 16 - Ampliação de detalhes da Figura 15. Lado esquerdo: parte desbastada.



Fonte: Própria autora (2021).



#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pelo Ensaio de Espectrofotometria de Infravermelho foi possível constatar que não existiam resinas à base de PVA nas amostras, estando o Impermeabilizante B de acordo com a norma NBR 11905 (ABNT, 1992).

Após determinados os comprimentos finais para o resultado da EPU, realizou-se a média entre os valores iniciais e finais de cada amostra. A EPU de todas as amostras apresentou-se dentro do limite máximo de 0,06 % recomendado pela NBR 10545-10 (ABNT, 2017), ou seja, não são geradas tensões devido à EPU no sistema de revestimento. A Tabela 4 indica os resultados da EPU de cada amostra.

Tabela 4 - EPU das amostras.

AMOSTRA	EPU (mm/m)
1	0,03
2	0,05
3	0,06
4	0,06

Fonte: Própria autora (2021).

Por meio do ensaio de resistência ao risco, foi possível notar que a resistência superficial do Impermeabilizante B mesmo com cura foi deficiente e menor que a do Impermeabilizante O, pelo fato de os riscos realizados nele terem sido mais profundos. As Figuras 17 a 20 mostram como ficaram as bases impermeabilizadas após realizar o Ensaio de Risco.

Figura 17 - Riscos realizados no impermeabilizante B sem cura.



Fonte: Própria autora (2021).

Figura 18 - Riscos realizados no impermeabilizante B com cura.



Fonte: Própria autora (2021).

Figura 20 - Riscos realizados no impermeabilizante O sem cura.



Fonte: Própria autora (2021).

Figura 19 - Riscos realizados no impermeabilizante O com cura.



Fonte: Própria autora (2021).

No Ensaio de Resistência à Tração, após as pastilhas estarem devidamente coladas, foi utilizado o dinamômetro calibrado para realizar a tração, porém, ao aplicar a carga de 250 N/s de maneira lenta e progressiva, houve o descolamento das pastilhas metálicas na interface cola X argamassa colante. Embora tivessem sido recoladas algumas pastilhas, persistiu esse tipo de falha no ensaio.

O resumo dos resultados obtidos no Ensaio de Resistência à Tração está apresentado na Tabela 5, as colunas demarcadas com um “X” foi onde ocorreu a ruptura, sendo que os tipos de ruptura foram os seguintes:

- a) Ruptura na camada de argamassa colante;
- b) Ruptura na interface argamassa colante x cerâmica;
- c) Ruptura na camada de impermeabilizante;
- d) Ruptura na interface impermeabilizante x laje.

Tabela 5 - Resultados dos ensaios de resistência de aderência.

Condição	Tensão (Mpa)		Forma de ruptura			
	Média	Máx.	Camada de argamassa colante	Interface argamassa colante X cerâmica	Camada de impermeabilizante	Interface impermeabilizante X laje
B3	0,18	0	X			
B4	0,27	0,35	X			
B7	0,32	0,5				X
B8	0,32	0,36			X	
O3	0,28	0,4	X			
O4	0,24	0,3	X			
O7	0,46	0,59		X		
O8	0,5	0,59				X

Fonte: Própria autora (2021).

Com os dados obtidos, pode-se concluir:

a) o impermeabilizante O é o mais indicado, dado que não ocorreram rupturas nele. Houve apenas uma ruptura (CP O8) com descolamento do mesmo da laje, mas com tensão bastante elevada: 0,59 MPa.

b) as tensões de ruptura para as condições O3 e O4 poderiam ter sido maiores. O “elo fraco” do sistema foi a camada de argamassa colante e sua ligação com a placa cerâmica, fato relacionado a qualidade do assentamento.

No Ensaio de Resistência de Aderência de Da Cunha Oliveira et. Al (2020) foram obtidos o valor médio máximo de 0,18 MPa e o valor mínimo de 0,05 MPa, o que indica que o revestimento não se adéqua as exigências estabelecidas pela norma. A forma de ruptura do sistema de revestimento ocorreu em sua grande maioria na interface da argamassa colante e em alguns pontos entre a argamassa colante e o contra piso.

No outro experimento que procurou avaliar o quanto a limpeza da base pode influenciar no desempenho do revestimento, os resultados foram muito semelhantes para as duas condições, A e B, conforme se observa na Tabela 6.

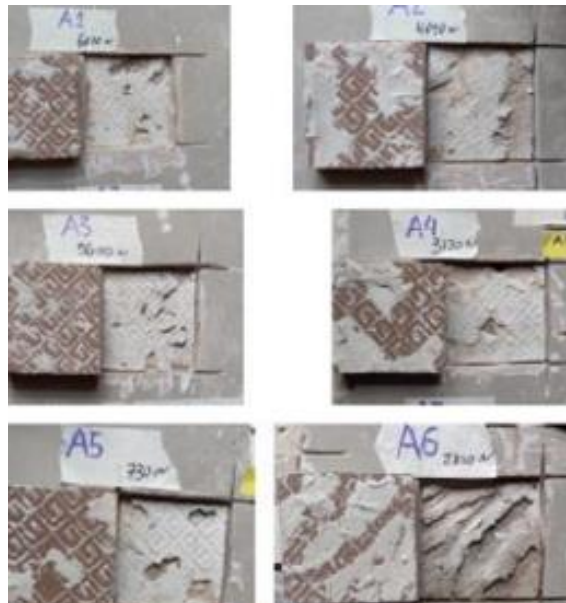
Tabela 6 - Resultados dos ensaios de resistência de aderência para as condições A e B.

Condição	Tensão (Mpa)	
	Média	Máx.
A - Desbaste da base	0,37	0,60
B - Limpeza padrão obra superior	0,46	0,61

Fonte: Própria autora (2021).

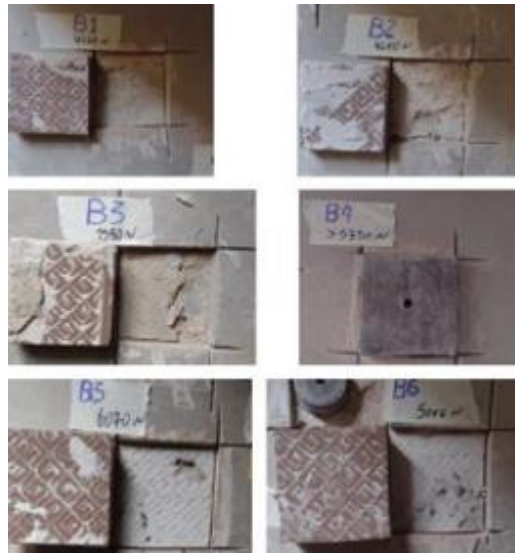
Praticamente todas as rupturas se deram fora da interface argamassa colante x laje como apresentam as Figuras 21 e 22. É possível notar que não ocorre na interface argamassa colante X laje pelo fato de as peças se soltarem praticamente sem resquícios de argamassa. Sendo assim, o elo do sistema “interface argamassa colante x laje” se apresentou mais resistente que os demais, impossibilitando assim a avaliação precisa da resistência de aderência do elo argamassa colante x laje.

Figura 21 - Formas de rupturas para a condição A.



Fonte: Própria autora (2021).

Figura 22 - Formas de rupturas para a condição B.



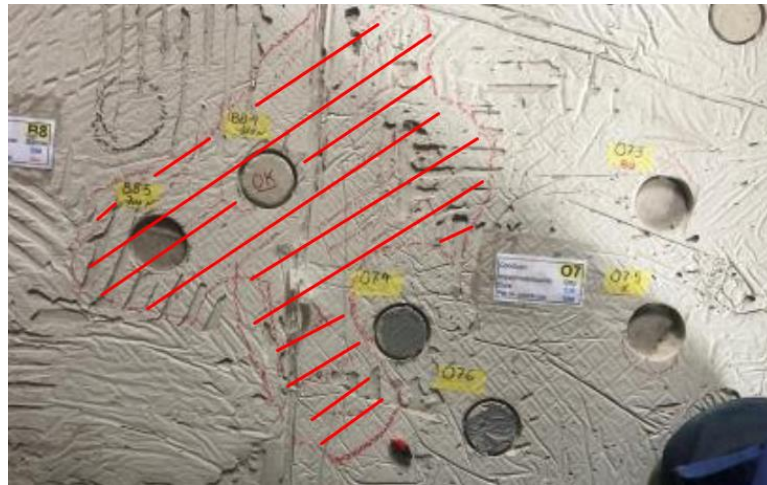
Fonte: Própria autora (2021).

Vale salientar que a limpeza da base pode ter vários níveis de eficiência, dependendo das condições em que se encontra a base (ações sofridas e deposição de contaminantes, ao longo de todo processo construtivo, até o momento da execução do revestimento cerâmico), e do cuidado e destreza de quem realiza essa limpeza. A qualidade da limpeza, ou falta dela, pode fazer com que o elo “base laje x impermeabilizante”, ou “laje x argamassa colante” tenha baixa resistência de aderência.

Apesar de ter sido empregada uma argamassa do tipo AC III, mesmo nos locais onde não obteve falhas de assentamento não foi possível a obtenção de resistências de 1,0 MPa, que deveria ser a resistência potencial dessa argamassa.

Ao final dos ensaios, observaram-se regiões com som cavo em partes dos panos em que não foram assentadas as placas cerâmicas (locais onde foram colocados os plásticos), como, por exemplo, a região mostrada na Figura 23.

Figura 23 - Região hachurada apresentou som cavo.



Fonte: Própria autora (2021).

Notou-se que logo após a retirada das placas cerâmicas e dos plásticos que cobriam a argamassa colante não se observou som cavo, tanto é que foram demarcados os locais dos corpos de prova e cortados com a serra copo. Após sete dias da retirada dos corpos de prova, observou-se que as áreas no entorno dos corpos de prova vieram a apresentar som cavo, o local dos corpos de prova já cortados se mantiveram aderidos à base, o que pode ter ocorrido devido a pequena área dos corpos de prova e pelo fato desta área já estar dessolidarizada do restante.

Pelo fato de ter havido o descolamento do sistema, foi possível retirar placas do conjunto argamassa colante + impermeabilizante, deixando à mostra a seção de ruptura, conforme se observam nas Figuras 24 a 26.

Figura 24 - Retirada de placas do sistema das condições B8 e O7.



Fonte: Própria autora (2021).



Conforme foi possível observar na Figura 24, no sistema com o impermeabilizante B a ruptura se deu na camada do impermeabilizante. Já no sistema onde foi empregado o impermeabilizante O – condição O7 – a ruptura se deu na interface do impermeabilizante com a laje.

Figura 25 - Condição B8 – Ruptura na camada de impermeabilizante.



Fonte: Própria autora (2021).

Figura 26 - Condição O7 – Ruptura na interface impermeabilizante X laje.



Fonte: Própria autora (2021).

No verso da placa retirada do sistema da condição O7, pode-se observar sujidade da laje aderida ao impermeabilizante, ou seja, se tivesse sido removida toda sujeira, a aderência do impermeabilizante à laje teria sido maior e poderia ter se contraposto as tensões causadas pela retração da argamassa.

A massa plástica utilizada para a colagem das pastilhas metálicas para a realização dos ensaios de resistência de aderência não fixou cem por cento dos corpos de prova. Ao final das atividades do dia partes dos sistemas começaram a apresentar som cavo, suspeitando-se que a camada de argamassa colante possuía alguma umidade. Essa umidade poderia ser a causa do insucesso na colagem das pastilhas metálicas e também do surgimento do som cavo, indicando a ocorrência de alguma retração da argamassa colante.

O número de fissuras e quantidade de áreas com som cavo foi muito intensa nos locais onde foi empregado o impermeabilizante B e praticamente nulas onde foi empregado o impermeabilizante O.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram estudadas as principais patologias em revestimento cerâmico, com foco no deslocamento cerâmico. Foram executados experimentos para se aprofundar e entender melhor sobre o que poderia estar levando os pisos ao deslocamento, porém, não obteve-se um resultado satisfatório para indicação das causas das patologias.

A princípio, o problema só se manifestava em locais com camada de impermeabilização onde foram empregados o impermeabilizante B, afetando não somente as placas assentadas nos pisos, como também parte das placas das paredes junto ao chão, onde também era aplicado o impermeabilizante.

Os dados que foram sendo obtidos, em parte confirmavam problemas no impermeabilizante B, já que as rupturas normalmente se davam na camada de impermeabilizante ou na interface desta com a base. Embora tenha-se detectado uma certa fragilidade nesse impermeabilizante, por meio do ensaio de dureza, ficou claro que outras causas podem ter contribuído para a ocorrência dos descolamentos, por exemplo a limpeza incorreta da base.

Sendo assim, apesar das várias hipóteses apresentadas, foi possível concluir que para que não haja evidências patológicas no sistema de pisos, é necessário além de seguir todas as recomendações dos fabricantes e precisar de mão de obra qualificada para realizar o serviço de acordo com as normas específicas para cada etapa, é necessário redobrar os cuidados na hora de realizar a limpeza da base, que quando se encontra suja, perde a aderência de contato com a argamassa colante.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10545-11: Placas cerâmicas. Parte 11: Determinação da resistência ao gretamento de placas esmaltadas.** Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e Projeto.** Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-1: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 1: Requisitos.** Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13753: Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento.** Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11905: Argamassa polimérica industrializada para impermeabilização.** Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratório de ensaio de calibração.** Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10545-10: Placas cerâmicas. Parte 10: Determinação da expansão por umidade.** Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13528-2: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Parte 2: Aderência ao substrato.** Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA (ANICER). **Cerâmica: a mais antiga das indústrias.** 2015. Disponível em: <https://www.anicer.com.br/revista-anicer/revista-96/historia/>. Acesso em: 11 ago. 2022.

BARROS, Hildegard Elias Barbosa et al. Revestimento cerâmico de fachada: estudo dos possíveis agentes de degradação no descolamento de peças cerâmicas. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 96670-96681, 2020.

BERNARDINI, Luara Pires et al. Valorização dos finos de carvão vegetal no desenvolvimento de frita cerâmica para formulação de engobe. **Cerâmica Industrial**, Criciúma, v. 25, n. 1, p. 43-60, 2020.

CAPORRINO, Cristiana Furlan. **Patologias em alvenarias**. 2ª edição. Editora Oficina de Textos, 2018.

CHAVES, Ana Margarida Vaz Alves. **Patologia e reabilitação de revestimentos de fachadas**. 2009. Dissertação (Mestrado em Materiais, Reabilitação e Sustentabilidade da Construção) – Universidade do Minho, Valpaços, 2009.

DA CUNHA OLIVEIRA, Jorge Antonio; DA COSTA PANTOJA, João; COSTA, Wender Camico. Estudo de caso de patologias em revestimentos cerâmicos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 60555-60582, 2020.

DE SOUZA, Marcos Ferreira. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. Monografia (Especialização em Construção Civil: Avaliações e Perícias), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

HAACK, Micheli de Souza. **Análise de materiais por espectroscopia no infravermelho dentro do sistema de gestão de qualidade conforme ABNT NBR ISSO/IEC 17025**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

LEONEL, Raquel Folmann. **Polímeros e cerâmicas**. 1ª edição. Editora intersaberes, 2020.

MONTECIELO, Janaina; EDLER, Marco Antônio Ribeiro. Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações. **XXI SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO**, 2021.

OLIVEIRA JUNIOR, Fernando Antônio Serra de et al. **Identificação das causas da eflorescência nas residências de Caraúbas-RN: estudo de caso**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas, 2018.

PEZZATO, Leila Maria. **Patologias no sistema de revestimento cerâmico: um estudo de caso em fachadas**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Carlos, São Carlos, 2010.

REZENDE, Stênio Sales; BRAGA, David Cristóvão de Carvalho; PEREIRA, Everton Henrique. **Manifestações patológicas em revestimentos de pisos cerâmicos de ambientes internos**. 2021.

SANTOS, Mayara Jordana Barros Oliveira. **Catálogo de patologias em fachadas de edifícios residenciais de Brasília**. 2017. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

SANTOS, Ygor Madeira. Análise de patologias de pisos cerâmicos. **Boletim do Gerenciamento**, v. 10, n. 10, p. 31-42, 2019.

SILVA, Maria de Nazaré Batista da. **Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada**: aplicação ao caso de Brasília/DF. 2014. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

SOARES, Felipe Flores. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil**. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

SOUZA, Vicente Custódio de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ª ed. São Paulo, Pini, 1998.

TIMELLINI, Giorgio; CARANI, Giordana. Limpabilidade e higiene das superfícies de pavimentos e revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, v. 2, n. 5-6, p. 45-63, 1997.