



De 17/07/2024 a 20/07/2024
Fortaleza, Ceará.
DOI: 10.5281/zenodo.12784289

Congresso Brasileiro de Patologia das Construções

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA DE ARGAMASSA COLANTE EM REVESTIMENTO CERÂMICO: UM ESTUDO DE CASO EM TERESINA-PI

Weydner Machado Brito^{1*}, Luan Martins de Barros¹; Carlos Eduardo Araújo Santos¹; Barbara Jordani² e David Brandão Nunes³

*Autor de contato: weydnerbrito15@hotmail.com

¹ Graduando de Engenharia Civil, Centro Universitário Uninassau, Teresina, Brasil

² Prof^a. Dr^a. do Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Uniavan, Balneário Camboriú, Brasil

³ Prof. Dr. do Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil

RESUMO

O sistema de revestimento cerâmico compreende a aplicação estruturada de camadas cerâmicas em superfícies, como paredes e pisos, visando proteção, estética e funcionalidade. Este processo envolve a escolha criteriosa de cerâmicas, argamassas adesivas, espaçamentos de juntas e rejuntamento, além da preparação adequada da superfície. A presente pesquisa realizou uma análise do desempenho da aderência do revestimento cerâmico, utilizando uma abordagem comparativa entre ensaios laboratoriais e condições reais em residências localizadas no município de Teresina, Piauí. O método adotado envolveu a seleção de cinco residências em um condomínio, cada uma apresentando quatro ambientes distintos. Foram realizados ensaios de arrancamento em laboratório, utilizando substratos padrões com cura interna e externa; a resistência à tração foi avaliada de acordo com as normas NBR 14081-4 e NBR 13754. Os resultados obtidos destacaram consistência e superioridade nos ensaios laboratoriais, com ênfase na cura interna. No entanto, variações significativas foram observadas nas residências, evidenciando a influência das condições práticas. A comparação ressaltou a importância de considerar a diversidade de cenários na avaliação do desempenho do revestimento cerâmico.

Palavras-chave: revestimento; argamassa; aderência.

ABSTRACT

The ceramic coating system comprises the structured application of ceramic layers on surfaces, such as walls and floors, aiming for protection, aesthetics and functionality. This process involves the careful choice of ceramic tiles, adhesive mortars, joint spacing and grouting, in addition to adequate surface preparation. This research carried out an analysis of the adhesion performance of ceramic coatings, using a comparative approach between laboratory tests and real conditions in homes located in the municipality of Teresina, Piauí. The method adopted involved the selection of five residences in a condominium, each with four distinct environments. Pullout tests were carried out in the laboratory, using standard substrates with internal and external curing; tensile strength was evaluated in accordance with standards NBR 14081-4 and NBR 13754. The results obtained highlighted consistency and superiority in laboratory tests, with

an emphasis on internal curing. However, significant variations were observed across residences, highlighting the influence of practical conditions. The comparison highlighted the importance of considering the diversity of scenarios when evaluating the performance of ceramic tiles.

Keywords: coating; mortar; grip.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de revestimento cerâmico envolve a união de quatro conjuntos principais de componentes inter-relacionados. A base ou substrato, representando a camada inferior, fornece suporte estrutural, seguida pela camada de correção ou emboço, responsável por corrigir imperfeições na superfície. A camada de colagem, geralmente composta por argamassa colante, adere às peças cerâmicas ao substrato, garantindo estabilidade e durabilidade. As peças cerâmicas, em si, formam a camada visível, contribuindo esteticamente e proporcionando resistência, em conjunto com as juntas, que entre as peças e os painéis desempenham um papel crítico na absorção de movimentos estruturais e na prevenção de trincas (ANDRADE *et al.*, 2021).

A complexidade do sistema de revestimento cerâmico é evidenciada pela presença de diversas camadas, cada uma desempenhando um papel específico, cada elemento dentro dessas camadas exibe comportamentos distintos, e a integração eficaz desses componentes é essencial para formar um conjunto estável, unido por coesão. O sistema todo é composto por múltiplos subsistemas, sendo que cada camada é considerada um elemento fundamental na construção do sistema de revestimento cerâmico (CONSTANTINO *et al.*, 2022).

Para a NBR 14081-1 (ABNT, 2012), a argamassa colante, parte fundamental do sistema de revestimento cerâmico, é um produto industrial em pó composto por uma cuidadosa combinação de agregados minerais, aditivos químicos e cimento Portland. Ao ser misturada com água, desencadeia-se uma reação que resulta em uma massa glutinosa, plástica e aderente. Essas características fazem da argamassa colante uma escolha ideal para o assentamento de placas cerâmicas durante os processos de revestimento na construção civil. Ao proporcionar eficaz aderência e maleabilidade, a argamassa desempenha um papel crucial na formação de uma base robusta, contribuindo para a durabilidade e estabilidade do revestimento cerâmico aplicado.

A iniciação das manifestações patológicas ocorre desde o armazenamento inicial dos materiais até a conclusão de sua aplicação. Esse processo pode ser desencadeado por práticas inadequadas de estocagem e armazenamento, podendo resultar em contaminação no local por outros tipos de materiais. Além disso, as manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos podem surgir devido a diversos elementos, como equívocos em projetos, falta de preparo da mão de obra, baixa qualidade dos materiais e ausência de manutenção predial adequada, incluindo abordagens preditivas, preventivas, corretivas e detectivas. Adicionalmente, as influências climáticas em revestimentos externos devem ser consideradas (ESTEVES, CALIXTO, MEURER, 2020).

Estas manifestações, decorrentes de variações de temperatura, umidade do ar, alterações na estrutura e mau uso, podem influenciar diretamente no desempenho das argamassas de revestimento. As mudanças térmicas podem causar contrações e expansões, enquanto a umidade pode influenciar na adesão da argamassa. Para mitigar esses problemas, é crucial adotar medidas preventivas durante a aplicação, considerando as condições ambientais e estruturais (Tiscoski, Antunes, 2016).

A Engenharia Civil tem buscado meios que promovam a qualidade na execução das obras e na aquisição de materiais de qualidade, visando minimizar possíveis problemas e reduzir custos

devido a reparos e à reposição de novos materiais de péssima qualidade (ANDRADE, 2021). O propósito desta pesquisa foi realizar uma análise abrangente e uma comparação dos resultados obtidos por meio do ensaio de arrancamento em ambiente laboratorial e em obra pronta no município de Teresina, Piauí.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no município de Teresina - PI, em um condomínio composto por vinte residências. Para a análise, foram selecionadas aleatoriamente cinco dessas casas, cada uma contendo quatro ambientes avaliados. O Ambiente Interno 1 corresponde ao Banheiro 1, o Ambiente Interno 2 ao Banheiro 2, o Ambiente Interno 3 à Cozinha, e o Ambiente Externo 1 corresponde à Área de Serviços. No laboratório, visando resultados mais precisos, foram utilizados dois substratos padrões, um submetido a cura em meio interno e outro a cura em meio externa, ambos utilizando a mesma argamassa aplicada nas residências.

O revestimento analisado nas áreas selecionadas tem dimensões de 53 × 53 cm e classificação PEI4, tipo B. A aplicação desse revestimento nas paredes foi realizada utilizando argamassa do tipo AC II e juntas de 2 mm, seguindo rigorosamente as diretrizes estabelecidas pelo fabricante. A determinação da resistência à tração foi conduzida conforme a norma NBR 14081-4 (ABNT, 2012) em ambiente laboratorial. Já para os ensaios realizados nas residências, adotou-se a norma NBR 13754 (ABNT, 1996). Essa abordagem abrangente visa compreender não apenas a resistência intrínseca do revestimento, mas também seu desempenho em diferentes ambientes residenciais.

2.1 Materiais

2.1.1 Argamassa industrializada

Durante a execução do projeto, foi adotada uma argamassa industrializada AC II específica para revestimento interno e externo. A marca escolhida possui reconhecida aceitação no mercado brasileiro, destacando-se pela sua qualidade. Essa argamassa é particularmente indicada para revestimentos com dimensões de até 80 x 80 cm. É relevante observar que o fabricante da argamassa recomenda a aplicação da técnica de dupla colagem em revestimentos com dimensões superiores a 30 x 30 cm. Essa orientação visa garantir uma aplicação eficaz e duradoura, atendendo às necessidades específicas de estabilidade e resistência, especialmente em áreas onde revestimentos maiores são empregados. O Quadro 1 apresenta dados fornecidos pelo fabricante sobre a argamassa utilizada durante a execução, oferecendo informações cruciais para compreender suas propriedades e recomendações de aplicação.

Quadro 01: Características técnicas da argamassa colante

Tempo em aberto em laboratório	≥ 20 minutos
Tempo de manuseio ¹	2h30
Tempo de liberação para tráfego leve de obra e rejuntamento ²	24 horas
Tempo de espera para liberação total	72 horas
Densidade no estado fresco	1500 a 1800 kg/m ³

Fonte: os autores.

2.1.2 Revestimento Cerâmico

O Revestimento Cerâmico Retificado Riviera Branco, de dimensões 53×53 cm, foi adotado como o material de escolha para todos os ambientes considerados neste estudo. A decisão de utilizar este revestimento foi fundamentada em suas propriedades distintas, tais como a superfície brilhante, juntas de 2 mm e variação de tonalidade uniforme, que foram consideradas essenciais para atingir o efeito visual desejado. Além disso, a classificação PEI 4, simbolizando resistência à abrasão superficial, e a notável capacidade de resistir a marcas d'água destacaram-se como critérios decisivos para a escolha deste material. A indicação para aplicação em pisos e paredes, associada à versatilidade para ambientes residenciais internos e externos, com exceção de garagens e varandas, evidencia a adequação deste revestimento às necessidades do projeto. O Quadro 2 exibe informações detalhadas providenciadas diretamente pelo fabricante do revestimento, as quais foram extraídas da embalagem do produto.

Quadro 02: Informações de embalagem

Tamanho de fabricação nominal (cm)	53 x 53
Tamanho de fabricação (mm)	534 x 534
Metros da caixa - área de cobertura sem junta (m ²)	2,57
Nº Peças por caixa (unidade)	9
Espessura da peça (mm)	7,4
Peso bruto por caixa (kg)	32,8
Metros quadrados por pallet (m ²)	164,48
Caixas por pallet (unidade)	64
Absorção de água	Ev > 10%
Junta de assentamento (mm)	2

Fonte: os autores

2.1.3 Desempenadeira de aço dentada

Ferramenta especializada utilizada no processo de aplicação de argamassa colante, sendo fabricada em chapa de aço com uma espessura aproximada de 0,5 mm, equivalente a chapa 26. Com dimensões de cerca de 11 cm x 28 cm, essa ferramenta é projetada com reentrâncias, ou dentes, em dois lados adjacentes. Esses dentes desempenham um papel fundamental na texturização e na distribuição uniforme da argamassa durante a aplicação, assegurando não apenas eficiência, mas também qualidade no revestimento das superfícies das residências no condomínio. Ferramenta utilizada na aplicação de argamassa colante fabricada em chapa de aço com espessura de cerca de 0,5 mm (chapa 26) e dimensões aproximadas de 11 cm x 28 cm, tendo reentrâncias (dentes) em dois lados adjacentes, conforme pede a norma NBR 13754 (ABNT, 1996). A Figura 01 apresenta o modelo apropriado da desempenadeira.

2.1.4 Substrato padrão para testes em laboratório

O substrato padrão adotado para os ensaios de cura normal, apresenta uma espessura de 40 mm e dimensões de 25 cm x 50 cm, proporcionando um espaço adequado para a realização dos testes com as placas cerâmicas de cada série. Sua resistência de aderência à tração atende aos requisitos normativos, estabelecendo-se em 2,0 MPa. Além disso, o substrato demonstra uma absorção de água inferior a $0,5 \text{ cm}^3$ em um intervalo de 4 horas, conforme as diretrizes estabelecidas.

2.1.5 Dinamômetro

O ensaio de resistência de aderência à tração foi conduzido utilizando um dinamômetro de tração, especificamente o modelo 21 140 da marca DYNATEST, que é aferido anualmente para garantir precisão. Este dinamômetro possui uma capacidade de 5 kN e resolução de 1 N. Durante o ensaio, um carregamento axial de tração foi aplicado ao corpo de prova por um gancho rotulado conectado a um orifício na pastilha metálica. A Figura 1 apresenta o dinamômetro utilizado nos ensaios.

Figura 1 – Ensaio de resistência de aderência à tração



Fonte: os autores.

2.1.6 Pastilha metálica

Para o ensaio em campo, adotou-se a pastilha conforme as diretrizes da norma NBR 13754 (ABNT, 1996), que estipula uma placa de seção quadrada com dimensões de (100 ± 5) mm de lado. No caso das pastilhas de alumínio, a norma prescreve uma espessura mínima de 25 mm. Já para os ensaios realizados em laboratório, utilizou-se a pastilha conforme especificado na norma NBR 14081-4 (ABNT, 2012), essa norma define peças metálicas não deformáveis sob carga de ensaio, com seção quadrada de aproximadamente 50 mm de aresta e espessura mínima de 10 mm. Adicionalmente, essas pastilhas possuem um dispositivo central em uma das faces para facilitar o acoplamento à máquina de tração.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Ensaio Substrato Padrão

Para iniciar os ensaios no laboratório, os substratos padrões passaram por testes conforme a NBR 14081-2 (ABNT, 2015), visando determinar a resistência de aderência à tração superficial. Essa propriedade é fundamental para garantir a precisão dos resultados durante as análises, promovendo a confiabilidade e validade dos dados coletados no estudo. Adicionalmente, foi realizado um estudo sobre o volume de água absorvido pelo substrato, uma característica essencial para assegurar o desempenho da argamassa colante, uma vez que esta pode perder uma quantidade significativa de água devido à absorção pelo substrato.

Com relação ao número de substratos testados, a Norma define uma amostragem de dois substratos por lote, sendo um para cada teste. As peças foram mantidas em temperatura ambiente do ar de (23

± 2) °C, umidade relativa do ar de (60 ± 2) % e velocidade de vento máxima de 0,15 m/s, medida com a haste do anemômetro fixa e sem movimentação de pessoas.

Na peça de número 1, foi determinada a resistência de aderência à tração superficial, fixando-se seis pastilhas metálicas quadradas com arestas de aproximadamente 50 mm, mediante um adesivo epóxi e distribuídas uniformemente ao longo da superfície. Após a secagem do adesivo, aguardou-se o tempo de 72h para aplicar carga a uma velocidade uniforme de (250 ± 50) N/s até a ruptura. Coletou-se a carga obtida, dividiu-se por 2.500 mm², e para o resultado, fez-se a média das seis pastilhas.

Para a determinação da absorção, na peça de número 2, foram fixadas três colunas de vidro, mediante um selante apropriado, distanciadas entre si em 15 cm. Após a fixação, introduziu-se água destilada na coluna de vidro até a graduação zero. Garantiu-se que não houvesse escape de água na vedação com o substrato. Após o prazo de 4h, registrou-se o volume de água absorvido. Os resultados dos ensaios de resistência a aderência e absorção de água estão apresentados no Quadro 03.

Quadro 03: Resistência de aderência à tração superficial e absorção de água

AMOSTRA	Pastilha 1 (MPa)	Pastilha 2 (MPa)	Pastilha 3 (MPa)	Pastilha 4 (MPa)	Pastilha 5 (MPa)	Pastilha 6 (MPa)	Média (MPa)
PLACA 1	3,165	2,691	2,167	3,296	2,485	2,852	2,776
	Água absorvida						
PLACA 2	0,450 cm ³						

Fonte: os autores.

Com base nos valores obtidos, verificou-se que a resistência à tração superficial (Mpa) das placas estava satisfatória para prosseguir com os ensaios, sendo superior a 2 Mpa, e a absorção de água estava abaixo de 0,5 cm³, seguindo os padrões da NBR 14081-2 (ABNT, 2015).

2.2.2 Ensaio Resistência à Tração Superficial no Laboratório

Após a análise do substrato, concluindo que o mesmo apresenta condições favoráveis para prosseguir com os ensaios, deu-se início ao teste de resistência à tração superficial com revestimento cerâmico em cura normal. Essa etapa foi conduzida visando realizar uma comparação direta com os resultados obtidos durante os ensaios in loco, proporcionando uma avaliação abrangente do desempenho do revestimento cerâmico em diferentes condições de teste. Essa abordagem comparativa contribui para uma compreensão mais completa e contextualizada das propriedades do revestimento em diferentes cenários. Para essa análise foram utilizados dois moldes de substrato para ter melhores resultados, ambos submetidos as mesmas condições e ensaios.

O ensaio iniciou-se com a aplicação da argamassa sobre os substratos-padrões, seguindo as diretrizes da NBR 14081-2 (ABNT, 2015), na direção longitudinal. Após a conclusão dessa etapa, o cronômetro foi acionado. Aguardando 5 minutos, procedeu-se ao posicionamento de dez placas cerâmicas limpas e secas, cada uma com 50 mm de aresta. Estas foram dispostas sobre quatro cordões de argamassa colante, mantendo uma separação de aproximadamente 50 mm entre elas e 25 mm entre suas arestas e a borda do substrato-padrão. A carga manual e centralização de cada placa cerâmica foram realizadas sem exceder 30 segundos entre a primeira e a última, assegurando uniformidade e precisão no posicionamento.

Em seguida, as massas-padrões de matéria sólida e rígida foram cuidadosamente posicionadas, sendo que cada uma delas pesava (2,00 + 0,01) kg. A ordem de colocação das massas-padrões sobre as placas cerâmicas, foi rigorosamente coordenada com a mesma sequência de colocação das placas cerâmicas sobre os cordões de argamassa, mantendo um procedimento meticuloso para garantir consistência e exatidão ao longo do ensaio. Ao fim de 30 s as massas-padrões foram removidas, e o excedente de massa nos substratos foi retirado, deixando apenas 1 cm de cordão ao redor da placa cerâmica.

Um substrato com argamassa e placas cerâmicas foi inicialmente armazenado no laboratório, enquanto o outro foi colocado no ambiente externo ao laboratório. Ambos foram armazenados em posição horizontal por um período de 24 horas. Após essa fase, os conjuntos foram estocados em posição vertical. Durante 28 dias, foram submetidos às condições ambientais do laboratório, conforme descrito na NBR 14081-2 (ABNT, 2015). Este procedimento permite avaliar o desempenho dos substratos e revestimentos sob diferentes condições ambientais, contribuindo para uma análise mais abrangente dos resultados do ensaio.

A partir de 72 horas antes da data programada para o ensaio de arrancamento, foi realizada a fixação das peças metálicas, com medidas de 50 mm, em cada placa cerâmica, utilizando cola epóxi. Foi aguardado o tempo necessário para a completa aderência até o instante do ensaio de arrancamento por tração simples, que ocorreu no 28º dia do posicionamento das placas cerâmicas. Este cronograma de procedimentos visa garantir a estabilidade e integridade do conjunto durante o período de teste, possibilitando uma avaliação confiável da resistência à tração superficial do revestimento cerâmico. O seguinte passo consistiu no acoplamento do dinamômetro em cada pastilha metálica dos dois substratos, aplicando carga a uma velocidade uniforme de (250 + 50) N/s até a ruptura. Logo após foi registrado a carga máxima aplicada em cada pastilha cerâmica.

Com base nos valores obtidos, foi calculada a tensão média de ruptura por tração para cada substrato-padrão, desconsiderando os resultados associados a rupturas dos tipos S, P e F. Essa abordagem foi adotada para eliminar dados que não correspondem ao modo de falha desejado ou que podem introduzir variações indesejadas nos resultados, possibilitando uma avaliação mais precisa e representativa da resistência à tração superficial de cada substrato-padrão. O cálculo da tensão média é uma medida importante para resumir e comparar os resultados de forma mais consistente. A média final foi arredondada ao décimo mais próximo, garantindo uma representação adequada dos resultados.

2.2.3 Ensaio In Loco

O ensaio para determinar a resistência de aderência dos revestimentos cerâmicos assentados no condomínio foi conduzido conforme os procedimentos estabelecidos na NBR 13754 (ABNT, 1996). Este padrão define as diretrizes e métodos específicos para avaliar a aderência de revestimentos cerâmicos, fornecendo uma abordagem normativa para garantir a qualidade e desempenho dos materiais aplicados. Ao seguir as orientações da NBR 13754, o ensaio proporciona resultados confiáveis e comparáveis, permitindo uma avaliação precisa da aderência dos revestimentos cerâmicos no contexto específico do condomínio em questão.

Ao selecionar aleatoriamente cinco casas dentre as vinte disponíveis, procedeu-se à definição dos ambientes a serem estudados. Optou-se por investigar três ambientes internos e um ambiente externo, sendo eles, respectivamente, Banheiro 1, Banheiro 2, Cozinha e Área de Serviço. O foco do estudo recaiu sobre o revestimento cerâmico aplicado nas paredes desses ambientes específicos. No decorrer do processo, os ambientes foram meticulosamente limpos, e a escolha dos locais para a produção dos corpos de prova foi realizada de forma aleatória, sendo confeccionados dez corpos

de prova por ambiente. Durante essa etapa, foi conduzida uma cuidadosa percussão, e a ausência de som oco foi verificada. Pastilhas com dimensões de 100 mm de lado e 25 mm de espessura foram utilizadas, sendo as pastilhas metálicas minuciosamente inspecionadas para assegurar sua limpeza adequada.

Em seguida, a aplicação da cola à base de epóxi nas pastilhas foi conduzida com o auxílio de uma espátula. As pastilhas foram posicionadas no revestimento cerâmico, aguardando-se um intervalo de 30 segundos, durante o qual foram pressionadas manualmente. Após esse período, o excesso de cola foi removido, e uma fita-crepe foi aplicada para proporcionar suporte às pastilhas metálicas. Posteriormente, o processo de secagem da cola epóxi foi concluído em um prazo de 72 horas.

Para a etapa seguinte, o corte do revestimento cerâmico foi realizado com o auxílio de um equipamento elétrico equipado com disco de corte. O contorno da pastilha metálica serviu como guia para o disco, garantindo um corte preciso e alinhado. Esse procedimento foi conduzido de maneira consistente e controlada, visando a preparação adequada dos corpos de prova para os ensaios subsequentes. Imediatamente após essa etapa, o equipamento de tração foi acoplado à pastilha metálica, e a aplicação de carga foi realizada de maneira lenta, progressiva e contínua, sem interrupções, com uma velocidade de carregamento de $(250 + 50)$ N/s até a ocorrência da ruptura. As cargas de ruptura dos corpos de prova foram registradas em newtons, e as pastilhas cerâmicas foram minuciosamente examinadas para identificar os diferentes tipos de rupturas, desconsiderando aquelas que apresentaram falhas na colagem da pastilha metálica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Resultados laboratoriais

A realização do ensaio de resistência à tração superficial com revestimento cerâmico em condições normais de cura proporcionou resultados significativos que contribuem para a compreensão do desempenho do revestimento em diferentes cenários. O estudo comparativo, utilizando dois substratos submetidos aos mesmos ensaios em condições distintas, permitiu uma análise abrangente das propriedades do revestimento cerâmico. A avaliação dos resultados focou na argamassa de referência AC II, sendo representados no Quadro 04 os dados referentes ao substrato padrão com cura interna ao laboratório, os resultados da cura externa ao laboratório estão no Quadro 05.

Quadro 04: Substrato padrão com cerâmica, cura interna

Placa Cerâmica	Carga Máxima (N)	Tensão de Ruptura (MPa)	Tipo de Fratura
1	2140	0,856	S/A
2	2060	0,824	S/A
3	1705	0,682	S
4	1982	0,793	S/A
5	2115	0,846	S/A
6	1745	0,698	S
7	1757	0,703	S
8	1947	0,779	S/A
9	2107	0,843	S/A
10	2322	0,929	S/A
Media das 7	14673	0,83	7 S/A

Fonte: os autores.

Quadro 05: Substrato padrão com cerâmica, cura externa

Placa Cerâmica	Carga Máxima (N)	Tensão de Ruptura (MPa)	Tipo de Fratura
1	1920	0,768	S/A
2	1895	0,758	S/A
3	2240	0,896	S/A
4	2030	0,812	S/A
5	2112	0,845	S/A
6	1962	0,785	S/A
7	1865	0,746	S/A
8	1722	0,689	S
9	1782	0,713	S
10	1810	0,724	S/A
Media das 8	15835	0,79	8 S/A

Fonte: os autores.

Esses resultados detalhados fornecem uma visão abrangente do comportamento do revestimento da argamassa colante em ambientes internos e externos ao laboratório. A análise das cargas máximas, tensões de ruptura e tipos de fratura permite a identificação de padrões e variações significativas, fundamentais para uma interpretação completa do desempenho do material. Conforme o item 7.2 da NBR 14081-4 (ABNT, 2012), a tensão média de ruptura por tração é determinada mediante o seguinte cálculo: quando a média é igual ou superior a 0,30 MPa, é recomendado eliminar todos os resultados que se afastem em mais de 20% da média. No caso de médias inferiores a 0,30 MPa, é sugerido excluir resultados que apresentem uma diferença maior que 0,06 MPa em relação à média.

Nenhum dos resultados apresentou valores inferiores a 0,30 MPa, e aqueles que ultrapassaram essa marca não excederam 20% acima da média. Assim, o único critério que levou à exclusão de algumas pastilhas da média foi a classificação das rupturas. No ensaio interno do laboratório, três pastilhas foram removidas da média devido à ocorrência de rupturas do tipo S. Já no ensaio externo, apenas duas pastilhas foram excluídas da média, também devido a rupturas classificadas como tipo S. Além disso, destaca-se que todos os ensaios apresentaram valores de MPa superiores ao mínimo recomendado pela NBR 14081-1 (ABNT, 2012), sendo 0,83 mpa para cura no laboratório e 0,79 Mpa para cura externa ao laboratório. Vale destacar que o substrato com a cura feita em laboratório obteve resultados melhores que o externo.

3.2 Resultados, ensaio in loco

Os ensaios conduzidos nas casas, fundamentados na NBR 13754 (ABNT, 1996), foram elaborados com o objetivo específico de realizar uma avaliação minuciosa da qualidade e desempenho dos revestimentos aplicados, seguindo estritamente as diretrizes estabelecidas pela norma. Após um período de 28 dias de aplicação, todas as casas foram submetidas a uma análise detalhada, garantindo a observância do tempo de cura adequado.

Durante os testes, identificou-se ambientes que não atendiam ao valor mínimo recomendado de tensão de ruptura, estabelecido em 0,50 MPa. Dentre os tipos de ruptura observados durante os ensaios, destacam-se: Tipo A, caracterizado pela ruptura da camada de argamassa colante; Tipo S, indicando a ruptura do substrato; Tipo S/A, que representa a ruptura na interface entre a argamassa e o substrato; e Tipo A/P, que denota a ruptura na interface entre a argamassa e a placa cerâmica. O Quadro 06 apresenta de detalhadamente os resultados obtidos durante o ensaio, oferecendo uma

visão abrangente das medições e observações realizadas. Cada entrada no quadro reflete aspectos específicos do desempenho avaliado, proporcionando dados valiosos para a análise do comportamento do material em teste.

Quadro 06: Resultado do ensaio in loco

Newton em cada ruptura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Newton Medio	Mpa Medio	Resultados Considerados	
CASA 1	Interno 1	7016	7212	7382	7316	7268	7224	7356	7240	7334	7276	7290	0,73	9
	Interno 2	4862	4500	5888	5880	5932	5924	5920	5904	5948	5916	5914	0,59	8
	Interno 3	5891	6672	6724	6736	6708	6716	6648	6684	4968	4893	6698	0,67	7
	Externo	4176	4216	4184	4232	4168	4212	4180	4224	4192	4152	4194	0,42	10
CASA 2	Interno 1	4325	5888	5796	5824	5740	5768	5852	5780	5860	5812	5813	0,58	9
	Interno 2	4608	4664	4720	4648	4752	4576	4704	4632	4688	4760	4675	0,47	10
	Interno 3	4561	4832	5488	5672	5544	5712	5584	5624	5536	5656	5602	0,56	8
	Externo	5112	5096	5136	5088	5144	5064	5120	5152	5072	5104	5109	0,51	10
CASA 3	Interno 1	6803	6992	6984	7008	6960	7024	6944	7016	6952	7032	6990	0,70	9
	Interno 2	5648	4325	5576	5720	5536	4867	5680	5600	5528	5752	5630	0,56	8
	Interno 3	4426	5176	4506	5224	5256	5144	5184	5128	5232	5168	5189	0,52	8
	Externo	5152	5232	5128	5192	5248	5176	5256	5144	5208	5160	5190	0,52	10
CASA 4	Interno 1	4485	5128	5064	5176	5112	5080	4506	5144	5096	4506	5114	0,51	7
	Interno 2	4192	4224	4184	4160	4216	4176	4208	4232	4144	4192	4193	0,42	10
	Interno 3	3728	3664	3696	3744	3680	3752	3672	3712	3664	3744	3706	0,37	10
	Externo	5784	5792	5872	5824	5760	5856	5832	5776	5840	5768	5810	0,58	10
CASA 5	Interno 1	4560	3589	6416	6384	6408	6432	6368	6448	6376	6424	6407	0,64	8
	Interno 2	2469	3832	3784	3768	3816	3792	2589	3840	3776	3824	3804	0,38	8
	Interno 3	5792	5784	5816	5824	5832	5792	5840	5776	5824	4269	5809	0,58	9
	Externo	4985	6016	5992	5984	6024	6032	5968	5976	6040	4586	6004	0,60	8
Media Geral:											5457	0,55	8,8	

Legenda:		
Celula Azul - Ruptura A	Celula Amarela - Ruptura S/A	Celula Verde - Mpa aprovado
Celula Laranja - Ruptura S	Celula Rosa - Ruptura A/P	Celula Vermelha - Mpa reprovado

Fonte: os autores.

Ao examinar cuidadosamente o Quadro 06, constatou-se que a Casa 1 alcançou resultados excelentes nos ambientes internos, mas não atingiu o índice de ruptura recomendado em seu ambiente externo. A Casa 2, embora tenha obtido resultados semelhantes à Casa 1, teve desempenho insatisfatório no ambiente interno 2. É notável que a Casa 3 se destacou como a única a obter êxito em todos os ambientes testados, revelando um desempenho consistente e positivo em todas as condições avaliadas. Em contrapartida, a Casa 4 registrou o maior índice de resultados negativos, indicando áreas que podem requerer atenção ou melhorias. A Casa 5 apresentou resultados semelhantes à Casa 2, enquanto o ambiente interno 02, especificamente o banheiro 02, foi identificado como o que mais apresentou resultados negativos. A área interna 3 da Casa 4 foi a que apresentou menor valor, sendo de 0,37 Mpa. A Resistencia média total do estudo foi de 0,55 e a quantidade média de corpos de provas analisado, foi de 8,8.

3.2 Comparação dos ensaios

A durabilidade e viabilidade do revestimento cerâmico como solução na construção civil estão intrinsecamente ligadas à fixação adequada das peças cerâmicas. Contudo, é crucial não negligenciar outros fatores determinantes, como as condições ambientais, a especificação da cerâmica, a competência da mão-de-obra na aplicação, as solicitações variáveis de uso e a

qualidade do rejuntamento. Esses elementos desempenham papéis igualmente importantes na determinação da vida útil do revestimento cerâmico, (PEREIRA, 2012).

A comparação entre os ensaios realizados no laboratório e in loco forneceu percepções importantes sobre o desempenho do revestimento cerâmico. No laboratório, os resultados foram consistentes, atendendo ou superando os requisitos normativos, com destaque para a cura interna, que apresentou resultados superiores. Por outro lado, nos ensaios in loco, alguns ambientes não atingiram a tensão mínima recomendada, indicando variações significativas no desempenho em condições reais. A Casa 3 se destacou positivamente, enquanto a Casa 4 registrou o maior número de resultados negativos, principalmente na área interna 3. Podemos observar a comparação do estudo no Quadro 07.

Quadro 07: Comparação dos Ensaios

Local	Ambiente	Tipo de Argamassa Colante	Resistência Média (MPa)	Tipo de Rompimento	Números de resultados considerados
Laboratório	Interno	AC 2	0,83	3 S e 7 S/A	7
	Externo	AC 2	0,79	2 S e 8 S/A	8
CASA 1	Interno 1	AC 2	0,73	1 S, 7 S/A e 2 A	9
	Interno 2	AC 2	0,59	2 S e 8 S/A	8
	Interno 3	AC 2	0,67	3 S e 7 S/A	7
	Externo	AC 2	0,42	6 A/P e 4 A	10
CASA 2	Interno 1	AC 2	0,58	1 S, 6 S/A e 3 A	9
	Interno 2	AC 2	0,47	5 S/A, 3 A e 2 A/P	10
	Interno 3	AC 2	0,56	2 S, 7 S/A e 1 A	8
	Externo	AC 2	0,51	8 A/P e 2 A	10
CASA 3	Interno 1	AC 2	0,70	1 S, 8 S/A e 1 A	9
	Interno 2	AC 2	0,56	2 S, 6 S/A e 2 A	8
	Interno 3	AC 2	0,52	1 S, 7 S/A e 2 A	8
	Externo	AC 2	0,52	5 A/P e 5 A	10
CASA 4	Interno 1	AC 2	0,51	3 S e 7 S/A	7
	Interno 2	AC 2	0,42	7 A/P e 3 A	10
	Interno 3	AC 2	0,37	5 A/Pe 5 A	10
	Externo	AC 2	0,58	8 A/P e 2 A	10
CASA 5	Interno 1	AC 2	0,64	2 S, 6 S/A e 2 A	8
	Interno 2	AC 2	0,38	2 S, 7 S/A e 1 A	8
	Interno 3	AC 2	0,58	1 S, 8 S/A e 1 A	9
	Externo	AC 2	0,60	2 S e 8 S/A	8

Legenda:	
Interno 1 - Banheiro 1	Interno 3 - Cozinha
Interno 1 - Banheiro 2	Externo - Área de serviço
Empreendimento com 20 casas	

Fonte: os autores.

Ao analisar os ensaios, destaca-se que, de maneira geral, os resultados obtidos em laboratório revelaram-se mais consistentes e superiores aos alcançados no ambiente real. A cura realizada em condições controladas demonstrou uma eficácia superior, refletindo em valores mais elevados de resistência (MPa). Por outro lado, as variações substanciais nas casas analisadas indicam que o desempenho do revestimento cerâmico pode ser sensivelmente influenciado por condições específicas de aplicação e cura em ambientes práticos. Essa comparação oferece percepções valiosas para aprimorar a implementação prática de revestimentos cerâmicos em projetos futuros. A consistência dos resultados em ambientes controlados, contrastada com a variabilidade

observada em situações reais, ressalta a importância de considerar a diversidade de cenários ao avaliar o desempenho dos revestimentos cerâmicos.

4. CONCLUSÃO

A fixação sólida das peças cerâmicas é um ponto fundamental para a estabilidade do revestimento, mas a escolha correta da cerâmica em si, considerando as condições ambientais específicas, é crucial para garantir resistência e durabilidade. A competência da mão-de-obra durante a aplicação e a qualidade do rejuntamento são aspectos que também desempenham um papel significativo na integridade do sistema de revestimento.

Por desempenharem funções cruciais nas construções, especialmente na proteção das estruturas, os revestimentos cerâmicos devem garantir não apenas durabilidade, como também um desempenho consistente. Diante disso, torna-se imperativo realizar estudos aprofundados que permitam compreender e assegurar a eficácia desses revestimentos ao longo do tempo. Essa abordagem é essencial para atender às exigências de resistência e durabilidade, contribuindo para a longevidade e integridade das construções. A condução desses estudos desempenha um papel fundamental no aprimoramento contínuo dos materiais e métodos empregados, promovendo avanços significativos na qualidade e confiabilidade dos revestimentos cerâmicos em ambientes construtivos diversos.

A inadequação no processo de assentamento pode decorrer de falhas tanto na composição da argamassa quanto no revestimento em si, bem como na aplicação por profissionais desqualificados. Entre as possíveis causas, destacam-se a mistura inadequada da argamassa, a adição excessiva de água e a demora na aplicação. Adicionalmente, a exposição solar pode exercer uma influência negativa na cura, resultando em uma perda de água mais acelerada. É imperativo dedicar especial atenção à preparação adequada da argamassa, evitando o excesso de água e garantindo um intervalo apropriado entre a mistura e a aplicação.

A realização de uma verificação minuciosa do assentamento por parte das construtoras é essencial para prevenir possíveis manifestações patológicas no futuro. A conformidade com as normas específicas de assentamento para cada ambiente deve ser uma prática adotada com rigor pelos colaboradores. A execução conforme as normas não apenas garantem a durabilidade e estabilidade das instalações, mas também desempenha um papel significativo na prevenção de possíveis fenômenos patológicos, assegurando a qualidade a longo prazo das edificações.

5. REFERÊNCIAS

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 TÉCNICA). **NBR 13754**: Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante: Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13755**: Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante. Projeto, execução, inspeção e aceitação: Procedimento. Rio de Janeiro, 2017.

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 14081-2**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 2: Execução do substrato-padrão e aplicação da argamassa para ensaios. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-3**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 3: Determinação do tempo em aberto. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-4**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 4: Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-5**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 5: Determinação do deslizamento. Rio de Janeiro, 2012.

ANDRADE, J. N. M. **PATOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: análise e causas das principais manifestações patológicas em residências do município de Paripiranga (BA)**. 2021. 71f. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário AGES. Paripiranga, BA, Brasil, 2021.

ANDRADE, R. P. et al. Avaliação das tensões nas camadas de revestimento cerâmico após indução de aquecimento superficial em diferentes condições. **Cerâmica Industrial**, v. 26, n. 1, p. 1-13, 2021.

CONSTANTINO, Rafaela Cardoso et al. Análise de resistência de aderência de argamassas colantes com diferentes porcentagens de EVA expostas a ciclos hidrotérmicos. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 27, 2022.

ESTEVES, B. N.; CALIXTO, R. D.; MEURER, C. E. **Patologias em revestimento cerâmico na construção civil**. 2020.

PEREIRA, E. **Estudo da influência das propriedades de argamassas colantes na resistência de aderência de revestimentos cerâmicos aplicados no assentamento de piso sobre piso**. 2012. 174f. Dissertação – Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil. Curitiba, PR, Brasil, 2012.

TISCOSKI, B. L.; ANTUNES, E. G. P. Análise do efeito da adição de fibras de polipropileno na resistência de aderência à tração em argamassa de revestimento. In: UNESC, p 1-19, 2016. **Anais [...]**. Florianópolis, 2016.