

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

MAIQUEL THIELKE

**ESTUDO DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO EM SISTEMAS DE REVESTIMENTOS
CERÂMICOS**

Alegrete

2019

MAIQUEL THIELKE

**ESTUDO DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO EM SISTEMAS DE REVESTIMENTOS
CERÂMICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenheiro Civil.

Orientador: Aldo Leonel Temp

Alegrete

2019

MAIQUEL THIELKE

**ESTUDO DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO EM SISTEMAS DE REVESTIMENTOS
CERÂMICOS**


Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Engenheiro Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 27/06/2019.

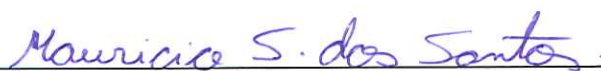
Banca examinadora:



Prof. Me. Aldo Leonel Temp
Orientador
UNIPAMPA



Prof. Me. Marcelo de Jesus Dias de Oliveira
UNIPAMPA



Prof. Me. Mauricio Silveira dos Santos
UNIPAMPA

AGRADECIMENTO

A Deus, por ter me dado a oportunidade de alcançar meus objetivos, aos meus pais Alseno e Glaci, que sempre me apoiaram e incentivaram, qualquer realização minha é resultado do empenho e dedicação de vocês, sou abençoado em tê-los em minha vida. A minha irmã Aline pelo companheirismo e amizade.

“As grandes idéias surgem da observação
dos pequenos detalhes”.

Augusto Cury

RESUMO

Os revestimentos cerâmicos são materiais de grande aplicação na engenharia civil, são fixados por meio de argamassa colante previamente estendida com desempenho de aplicação. Existem normativas que determinam as resistências que as argamassas colantes devem atingir, e dimensões específicas para os desempenos de aplicação, porém, existe uma gama de produtos para aplicação de argamassa colante, mais conhecidos como desempenos dentados, o estudo visa a análise de diferentes tipos de desempenos, verificando se estão de acordo com padrões de normas e a influência na resistência de aderência à tração, verificando a superfície de ruptura dos corpos de prova. Ao final da pesquisa, foi constatado que existe diferença entre a diferente composição de argamassa colante e desempenho de aplicação.

Palavra-chave: Argamassa colante, desempenho

ABSTRACT

Ceramic coatings are materials of great application in civil engineering, they are fixed by means of adhesive mortar previously extended with notched floor trowel application. There are regulations that determine the resistance that adhesive mortar must reach, and specific dimensions for the notched floor trowel application, however, there is a range of products for application of adhesive mortar, better known as notched floor trowel, the study aims at the analysis of different types of tests to verify if they are in accordance with norms of standards and the influence on the resistance of adhesion to the traction, verifying the surface of rupture of the specimens. At the end of the research, it was verified that there is difference between the different composition of adhesive mortar and notched floor trowel application.

Keywords: Adhesive mortar, notched floor trowel

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Revestimento cerâmico face esmaltada.....	17
Figura 2: Face de colagem do revestimento cerâmico (Tardoz)	18
Figura 3: Estrutura do revestimento cerâmico.....	19
Figura 4: Adesão da argamassa	25
Figura 5: Assentamento sobre cordões de argamassa com película	27
Figura 6: Fluxograma do programa experimental.....	32
Figura 7: Detalhamento desempenos	34
Figura 8: Combinação de argamassas e desempenos	35
Figura 9: Formas de moldagem substrato padrão.....	36
Figura 10: Concretagem substrato padrão	37
Figura 11: Substrato padrão desmoldado	37
Figura 12: Preparação assentamento cerâmico.....	39
Figura 13: Material cerâmico assentado sobre argamassa colante	39
Figura 14: Composição ACI e desempenos (D1, D2 e D3).....	40
Figura 15: Composição ACII e desempenos (D1, D2 e D3).....	40
Figura 16: Composição ACIII e desempenos (D1, D2 e D3).....	40
Figura 17: Colagem do elemento metálico	41
Figura 18: Placa sendo ensaiada	42
Figura 19: Equipamento de ensaio.....	42
Figura 20: Mediana e Desvio Padrão	44
Figura 21: Variação do ensaio.....	45
Figura 22: Resultados de aderência à tração.....	45
Figura 23: Ruptura ACI – D1	47
Figura 24: Ruptura ACI – D2.....	48
Figura 25: Ruptura ACI – D3.....	48
Figura 26: Ruptura ACII – D1	49
Figura 27: Ruptura ACII – D2.....	50
Figura 28: Ruptura ACII – D3.....	50
Figura 29: Ruptura ACIII – D1	52
Figura 30: Ruptura ACIII – D2.....	52
Figura 31: Ruptura ACIII – D3.....	53

Figura 32: Ruptura na camada da argamassa colante (A)	54
Figura 33: Ruptura na interface da argamassa e substrato (S/A)	54
Figura 34: Ruptura na interface argamassa e placa cerâmica (A/P)	55
Figura 35: Ruptura (A;S/A)	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Vida útil de projeto (VUP)	20
Quadro 2: VUP de revestimentos.....	21
Quadro 3: Indicação quanto à utilização de argamassas colantes.....	25
Quadro 4: Tempo em aberto de argamassas colantes	27
Quadro 5: Resistência de aderência à tração aos 28 dias	29
Quadro 6: Dados estatísticos	43
Quadro 8: Ruptura ACI e seus respectivos desempenos.....	46
Quadro 9: Ruptura ACII e seus respectivos desempenos.....	49
Quadro 10: Ruptura ACIII e seus respectivos desempenos.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS

ABCERAM – Associação Brasileira de Cerâmica

ABNT – Associação de Normas Técnicas Brasileiras

ACI – Argamassa colante Tipo I

ACII – Argamassa colante Tipo II

ACIII – Argamassa colante Tipo III

D1 – Desempeno 1

D2 – Desempeno 2

D3 – Desempeno 3

VUP – Vida útil de projeto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos	15
1.1.1 Objetivo geral	15
1.1.2 Objetivos específicos.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Revestimentos cerâmicos	16
2.1.1 Materiais cerâmicos ou elementos cerâmicos.....	16
2.1.2 Funções dos revestimentos cerâmicos	19
2.1.3 Desempenho dos revestimentos cerâmicos.....	20
2.1.4 Principais problemas com relação aos revestimentos.....	21
2.2 Argamassas colantes	23
2.2.1 Características das argamassas colantes	23
2.2.2 Tipos de argamassa colantes.....	24
2.2.3 Adesão inicial	25
2.2.4 Tempo em aberto	26
2.2.5 Aspectos relacionados à aderência.....	28
2.3 Resistência de aderência à tração	29
2.3.1 Normas para revestimentos cerâmicos	29
2.3.2 Estudos relacionados à aderência em revestimentos cerâmicos	30
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	32

3.1 Materiais.....	33
3.1.1 Substrato	33
3.1.2 Argamassa colante.....	33
3.1.3 Material cerâmico	33
3.1.4 Desempeno	34
3.2 Métodos.....	34
3.2.1 Preparação do substrato	35
3.2.2 Confeção das argamassas cola	38
3.2.3 Execução do revestimento cerâmico.....	38
3.2.4 Ensaio de aderência à tração em revestimentos cerâmicos	41
4 RESULTADOS	43
4.1 Análise de aderência à tração	43
4.2 Análise de ruptura	46
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS.....	57
ANEXO 1.....	60
ANEXO 2.....	61
ANEXO 3.....	62

1 INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo e avanços tecnológicos, os revestimentos cerâmicos foram se destacando no meio da construção civil. Atualmente são materiais fundamentais em construções ou reformas de edifícios habitacionais, entre outras aplicações, contando com uma vasta gama de materiais comercializados.

Independente da aplicação seja ela interna ou externa, o revestimento além de proporcionar o bom acabamento estético, também deve proporcionar a proteção da base de aplicação. Comparando revestimentos internos e externos, são dois casos extremos, ambos são solicitados a tensões e agentes agressivos, onde os internos são geralmente menos solicitados, enquanto os externos ficam sujeitos a uma maior solicitação, conseqüentemente necessitam de melhor desempenho.

Os revestimentos são fixados por argamassas, segundo Recena (2012), é notável a evolução das argamassas colantes. No princípio se realizava a confecção com materiais dispostos no canteiro de obra, não tendo um controle de qualidade quanto a materiais e processo de fabricação, além de se utilizar camadas espessas de argamassa na execução do revestimento cerâmico. Atualmente, as argamassas colantes são industrializadas, onde se tem um controle de qualidade muito maior, necessitando apenas do acréscimo de água no canteiro de obra. Outro fator significativo é a espessura da argamassa colante, que é muito pequena, esse fator se deve ao desenvolvimento de novas combinações de materiais na sua composição.

O bom desempenho do revestimento depende da correta combinação de materiais e métodos de execução empregados. Existem vários fatores que podem comprometer o sistema de revestimento, afetando a aderência e proporcionando o surgimento de patologias.

A principal preocupação no meio, é o emprego correto dos materiais e mão de obra qualificada. Um dos problemas mais comuns relacionado aos revestimentos cerâmicos é o desprendimento do revestimento, geralmente decorrente da falta de aderência, entre outros fatores. Problemas relacionados à aderência são decorrentes da falta de projetos ou a compatibilização do mesmo, processos executivos incoerentes, e o fator humano, esse que apresenta grande variabilidade (RIBEIRO, BARROS, 2010). A execução de revestimentos cerâmicos deve ser realizada conforme normativas pertinentes, porém, muitas vezes esse critério não é respeitado, sendo executado de forma empírica, sem conhecimento teórico na pratica executiva

e escolha correta dos materiais de aplicação. A execução incorreta juntamente com materiais inadequados, tendem a reduzir a durabilidade, facilitando a ascensão de patologias e conseqüentemente retrabalhos indesejados.

Existe uma classificação quanto a resistência de aderência à tração em revestimentos cerâmicos, estabelecendo valores mínimos para cada tipo de argamassa colante conforme NBR 14081-4 (ABNT, 2012), entretanto existem poucos estudos referentes a resistência de aderência à tração de elementos cerâmicos aderidos com combinações de diferentes materiais, ou seja, elementos cerâmicos, desempenadeira dentada e tipos de argamassa colante, sendo que a distinta combinação destes materiais podem gerar resultados que atendam as normativas.

Diante desse contexto, este trabalho visa verificar a real influência da diferente composição dos materiais anteriormente citados, averiguando o desempenho das argamassas colantes quanto a resistência de aderência à tração.

1.1 Objetivos

Este estudo tem por objetivo analisar o desempenho de revestimento cerâmico com relação à aderência, divide-se em objetivo geral e objetivos específicos.

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho consiste na análise do comportamento de um determinado revestimento cerâmico para piso, empregando diferentes argamassas colantes, variando o desempenho de aplicação. Verificando a influência de desempenho dos sistemas frente à diferentes combinações de materiais.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a aderência à tração de piso cerâmico com argamassa cola do tipo ACI, ACII e ACIII;
- Analisar o comportamento de aderência do piso frente as combinações de argamassas colantes e desempenos de aplicação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Revestimentos cerâmicos

Peças delgadas, utilizadas na construção civil para o revestimento de superfícies externas e internas, tanto em pisos quanto paredes, entre outras aplicações. Fica conferido aos azulejos a função de revestimento de outros materiais, devendo proporcionar a proteção da base a ser revestida e o bom acabamento estético após execução (PETRUCCI, 2007).

2.1.1 Materiais cerâmicos ou elementos cerâmicos

Cerâmica são elementos oriundos de materiais inorgânicos não metálicos, que após tratamento térmico em forno de elevada temperatura resulta em material cerâmico (ABCERAM, 2018).

Bauer (1994) designa como uma pedra artificial, a qual é obtida por processos de moldagem, secagem e cozadura de materiais argilosos. O processo de preparação até a obtenção de elementos cerâmicos se dá através de processo que são expressos da seguinte forma:

- Extração da argila;
- Preparação da matéria prima;
- Moldagem;
- Secagem;
- Cozimento;
- Esfriamento
- Vitrificação.

A NBR 13816 (ABNT, 1997) estabelece as definições de revestimentos cerâmicos, quanto a:

- Matéria prima empregada;
- Processos de fabricação;
- Acabamento;
- Dimensões;

- Formato.

Geralmente os azulejos são constituídos por duas camadas de constituição. A camada mais espessa é o material bruto proveniente da queima de materiais argilosos, que recebe uma camada fina de esmalte, recobrimo apenas uma das faces, tornando-o um material impermeável. Para apresentar boa capacidade de aderência, a face de colagem não deve ser esmaltada, apresentando saliências e reentrâncias (PETRUCCI, 2007). A Figura 1 representa a face de um revestimento cerâmico esmaltado, enquanto a Figura 2 a face de colagem.

Figura 1: Revestimento cerâmico face esmaltada



Fonte: C&C

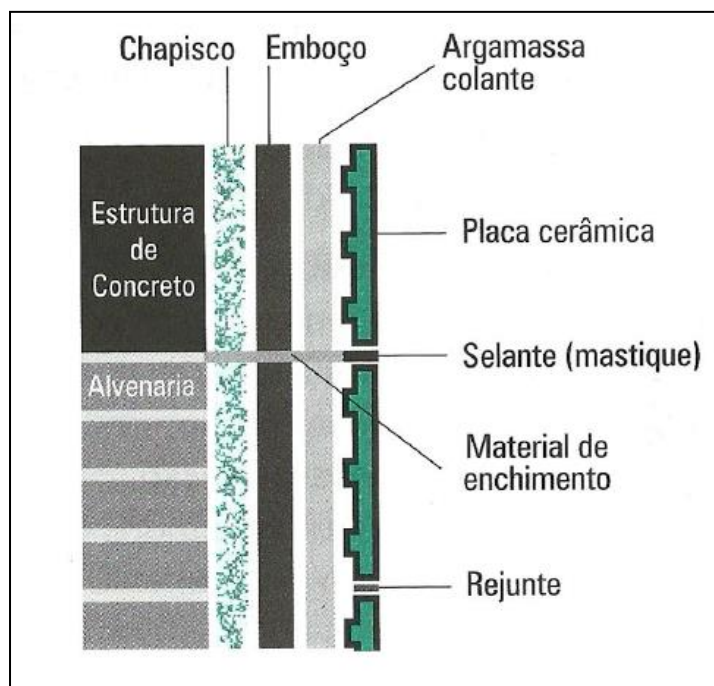
Figura 2: Face de colagem do revestimento cerâmico (Tardoz)



Fonte: Ricardarte

A caracterização do revestimento cerâmico deve ser compreendida como um sistema, que é formado por diferentes elementos, resultando assim em uma estrutura final, caracterizando um conjunto que deve apresentar comportamento monolítico. Basicamente o sistema de revestimento cerâmico compreende a camada de fixação (argamassa colante), a placa cerâmica, e por fim, as juntas de espaçamento deixadas entre placas que são preenchidas por rejunte (CAMPANTE, BAÍA, 2008). A Figura 3 representa a estrutura formada após processo de execução do revestimento cerâmico.

Figura 3: Estrutura do revestimento cerâmico



Fonte: Campante, Baía (2008, p.18)

2.1.2 Funções dos revestimentos cerâmicos

Espera-se que o revestimento cumpra sua função ao longo do tempo de vida útil, juntamente a edificação ou construção ao qual foi aplicado, suportando tensões ou agentes agressivos a ele solicitado, de forma que não sofra danos permanentes que comprometam a estética e funcionalidade.

Campante e Baía (2008) definem os revestimentos cerâmicos como parte integrante da edificação, e devem apresentar boas propriedades de resistência, de forma que cumpram corretamente sua função no meio aplicado, garantindo o adequado desempenho. Classificam algumas das principais funções dos revestimentos cerâmicos da seguinte maneira:

- Vedações de superfícies (externas e internas);
- Isolamento térmico e acústico;
- Estanqueidade à água e gases;
- Resistência ao fogo;
- Acabamento final de pisos e paredes.

2.1.3 Desempenho dos revestimentos cerâmicos

Todo material obtido por meio de processo de fabricação, possui uma data de validade ou tempo de vida útil. Revestimentos cerâmicos são materiais resistentes, porém, existem locais de aplicação com condições mais rigorosas onde se necessita um melhor desempenho, já outras nem tanto. Campante e Baía (2008) destacam que o comportamento de um sistema de revestimento cerâmico, pode ser comparado aos elos que formam uma corrente, onde o elo mais fraco compromete a ligação da mesma, essa analogia aplica-se ao sistema de revestimento cerâmico.

A NBR 15575 - 1 (ABNT, 2013) estabelece critérios quanto ao desempenho de edificações habitacionais. Denomina-se vida útil de projeto (VUP), o período ao qual certo sistema é projetado, atendendo os requisitos mínimos. A durabilidade de um produto existe até o momento em que deixa de atender as funções que lhe foram conferidas.

Cada projeto deve apresentar valor teórico para a VUP referente aos sistemas que o compõem, essa relação pode ser analisada no Quadro 1.

Quadro 1: Vida útil de projeto (VUP)

SISTEMA	VUP mínima em anos
Estrutura	≥ 50
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20

Fonte: Adaptado da NBR 15575 (ABNT, 2013)

O Quadro 2 expressa a VUP da parte de edificações que contemplam revestimentos cerâmicos aderidos.

Quadro 2: VUP de revestimentos

Parte da edificação	Exemplos	VUP anos		
		Mínimo	Médio	Superior
Revestimento interno aderido	Revestimento de piso, parede e teto: de argamassa, de gesso, cerâmicos, pétreos, de tacos e assoalhos e sintéticos	≥ 13	≥ 17	≥ 20
Revestimento de fachada aderido e não aderido	Revestimento, molduras, componentes decorativos e cobre-muros	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Piso externo	Pétreos, cimentados de concreto e cerâmico	≥ 13	≥ 17	≥ 20

Fonte: Adaptado da NBR 15575 (ABNT, 2013)

2.1.4 Principais problemas com relação aos revestimentos

Os defeitos ou falhas ocorrem devido à perda da função do material, podem ser consequências de algum agente externo que atua sobre a estrutura ou material, ou consequência do processo de execução, decorrente da falta de mão de obra qualificada, resultando em problemas patológicos. Ribeiro e Barros (2010) classificam os fatores que tendem a gerar algum tipo de tensão em edificações da seguinte forma:

- Ação da umidade;
- Ação do vento;
- Deformação da estrutura;
- Variação da temperatura.

Para Campante e Baía (2008) dentre as patologias existentes em revestimentos cerâmicos, destacam-se as seguintes:

- Destacamentos;
- Trincas;
- Gretamento;
- Fissuras;

- Eflorescências.

A desagregação de revestimentos ocorre devido a agentes físicos externos, agentes químicos internos e agentes mecânicos. Tratando-se de agentes físicos externos, os mais prejudiciais são a umidade, vegetações e o fogo. Quanto a agentes químicos internos, ocorre devido a absorção de umidade da superfície, sendo esta responsável por dissolver possíveis sais presentes na estrutura, cristalizando-os na superfície do revestimento, causando manchas brancas mais conhecidas como eflorescências, que podem causar deslocamento ou queda do revestimento. Os agentes mecânicos podem danificar peças cerâmicas, salientando que as mesmas são projetadas para resistir a compressão, não tendo bom desempenho na flexão e demais solicitações (BAUER, 1994).

O destacamento é caracterizado pelo desprendimento das placas ou pelo somoco que produz quando aplicadas pequenas batidas, que podem ser realizadas com a mão. A perda de aderência entre substrato e revestimento, decorrente de esforços superiores aos suportados pelo sistema caracteriza essa patologia (CAMPANTE, BAÍA, 2008).

Se tratando de fachadas, existe uma preocupação muito grande devido a forma correta de execução, caso contrário resulta em patologias de infiltração comprometendo a estrutura e aparência visual, e risco de desprendimento de elementos causando algum tipo de dano. Nestes sistemas se requer um estudo minucioso, tratando-se de um meio onde atuam as intempéries entre outros fatores, que devem ser considerados a critério de projeto e execução. A utilização de juntas de movimentação e telas de reforço são de extrema importância nesses casos (RIBEIRO, BARROS, 2010).

Patologias do tipo trincas, gretamento e fissuras, são geralmente ocasionadas devido à perda de propriedades da resistência superficial do revestimento, destacando um problema estético superficial. Trincas são fissuras ocasionadas por esforços mecânicos, e possuem aberturas superiores a 1mm, já as fissuras são rompimentos no revestimento, onde as aberturas são menores que 1mm. O gretamento se caracteriza por um conjunto de aberturas, inferiores a 1mm, que ocorrem na região esmaltada do revestimento (CAMPANTE, BAÍA, 2008).

Os materiais construtivos como o concreto, argamassa e revestimento cerâmico são materiais pseudossólidos, sua estrutura possui poros abertos, que

geram conjunto de rede de canais, os quais permitem a percolação de água em sua estrutura. Essa percolação pode carregar consigo sais solúveis, presentes nos materiais da própria estrutura, que são carregados até a superfície dos revestimentos, causando aparência esbranquiçada que se denomina patologicamente como eflorescência (FIORITO, 2009).

2.2 Argamassas colantes

A argamassa colante é um dos materiais mais utilizados na construção civil. O fornecimento é industrializado, se dá em forma de pó, pré dosada e de traço característico determinado, necessitando apenas acréscimo de água no preparo (CAMPANTE, BAÍA, 2008).

Os revestimentos cerâmicos são fixados por meio de argamassas colantes, geralmente industrializadas. Tais argamassas apresentam pequena espessura de colagem entre substrato e revestimento, atuando de forma semelhante a uma cola, para isso, o substrato deve ser previamente nivelado e oferecer boa resistência de suporte (RECENA, 2012).

2.2.1 Características das argamassas colantes

Argamassas são mistura de agregados (areias), cimento e água. A diferente composição destes componentes influencia na aderência e retenção de água, ou seja, determina a resistência de cada tipo de argamassa colante (PEREIRA, 2015).

Argamassas obtidas através de cimento Portland e agregados miúdos, podem apresentar elevadas resistências, as quais são estimadas conforme lei de Abrams. A utilização de aditivos e adições pode melhorar propriedades características das argamassas, contribuindo dessa forma para um melhor desempenho (Recena, 2012).

A NBR 14081-1 (ABNT, 2012) define a composição de argamassas colantes da seguinte forma:

- Cimento Portland;
- Agregados minerais;
- Aditivos químicos.

Quando submetidos a mistura com água, esta assume forma de pasta viscosa, de boa plasticidade e aderência. A quantidade de água para o amassamento deve ser informada na embalagem do produto, contento a relação de litros/kg, ou litros/embalagem.

Os aditivos químicos empregados na fabricação de argamassas colantes, proporcionam uma camada mais fina de colagem, os quais melhoram o desempenho quanto a retenção de água, resistência química e flexibilidade (RIBEIRO, BARROS, 2010).

2.2.2 Tipos de argamassa colantes

A dúvida mais comum ao realizar uma obra ou reforma está relacionada ao tipo de argamassa a ser utilizada. A falta de conhecimento na área, seguido de conselhos inadequados de pessoas não qualificadas ou aptas a instruir corretamente, pode acarretar em patologias futuras, gerando retrabalhos inesperados (PEREIRA, 2015).

A NBR 14081-1 (ABNT, 2012) classifica as argamassas industrializadas de uso em revestimento cerâmico em ACI, ACII e ACIII. A argamassa colante ACI é indicada para usos em ambientes internos que não sofram com a presença de umidade e variações bruscas de temperatura, não é indicada para revestimentos especiais. Já a argamassa colante ACII pode ser utilizada para revestimento de paredes e pisos, internos quanto externos com variação termo higrométrica e à ação do vento. A do tipo ACIII possui aderência superior comparada as argamassas ACI e ACII, utilizada em ambientes externos ou em casos onde se tenha a necessidade de uso da mesma. Argamassas colantes do tipo I, II e III, acrescidos da letra (E) ou (D), são referentes a argamassas com tempo em aberto estendido e deslizamento reduzido, assim respectivamente.

Segundo Pereira (2015), as argamassas do tipo ACII podem ser indicadas para revestimentos de piscinas de água fria, pisos industriais e áreas públicas. Enquanto a ACIII para revestimento de piscinas de água quente, saunas, e placas de revestimento cerâmico com área superior a 3600cm².

Cada tipo de argamassa colante possui suas especificações e indicações, quanto a utilização, cabe escolher corretamente o tipo de argamassa conforme sua aplicabilidade, essa relação é expressa no Quadro 3.

Quadro 3: Indicação quanto à utilização de argamassas colantes

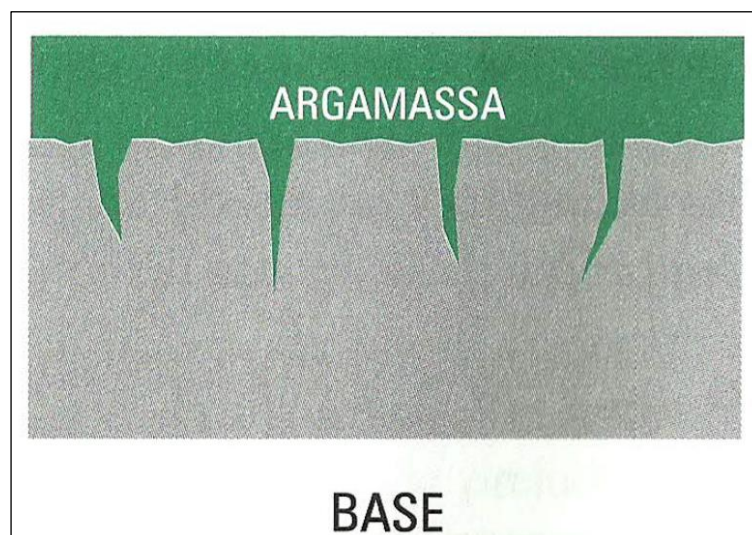
TIPO	INDICAÇÃO
ACI	Ambientes internos, sem presença de umidade e variações de temperatura.
ACII	Ambientes internos quanto externos, com variação termo higrométrica.
ACIII	Revestimentos especiais, ambientes externos, fachadas, submetidos a intempéries do tempo.

Fonte: Adaptado da NBR 14081-1 (ABNT, 2012), PEREIRA (2018)

2.2.3 Adesão inicial

Adesão inicial é a capacidade de a argamassa manter-se aderida por determinado tempo ao substrato ao qual foi aplicada. Para Baía e Sabbatini (2008) a aderência inicial depende das propriedades da argamassa no estado fresco, e características do substrato de aplicação, onde a aderência ocorre pela entrada da pasta em caminhos abertos na base de aplicação, seguido do endurecimento da pasta. A Figura 4 representa a ancoragem da argamassa a base de aplicação.

Figura 4: Adesão da argamassa



Fonte: Baía, Sabbatini (2008, p.18)

Santos (2008) denomina aderência inicial a capacidade da argamassa em ancorar-se com reentrâncias e saliências do substrato de aplicação, formando uma

espécie de raiz de fixação. Define os principais fatores que influenciam na aderência das argamassas da seguinte forma:

- Argamassa (Reologia, adesão inicial e retenção de água);
- Substrato (Rugosidade, porosidade e sucção de água);
- Execução (Energia de impacto, preparo da base e limpezas);
- Condições climáticas (Fatores extrínsecos).

As argamassas em geral devem apresentar boa capacidade de aderência ao substrato, independentemente do tipo e finalidade. A resistência de aderência é consequência do tipo de argamassa utilizada, traço de composição, e características do substrato de aplicação. Pode-se definir a aplicação como sendo a variável mais crítica do todo processo, devido ao fator humano, que possui grande variabilidade na execução (RECENA, 2012).

O processo de fixação ocorre por aderência mecânica, e ou, adesão química. A aderência mecânica ocorre pela ancoragem da pasta de cimento entre os poros dos materiais, enquanto a adesão química por forças eletrostáticas entre moléculas da argamassa e as superfícies de união (RIBEIRO, BARROS, 2010).

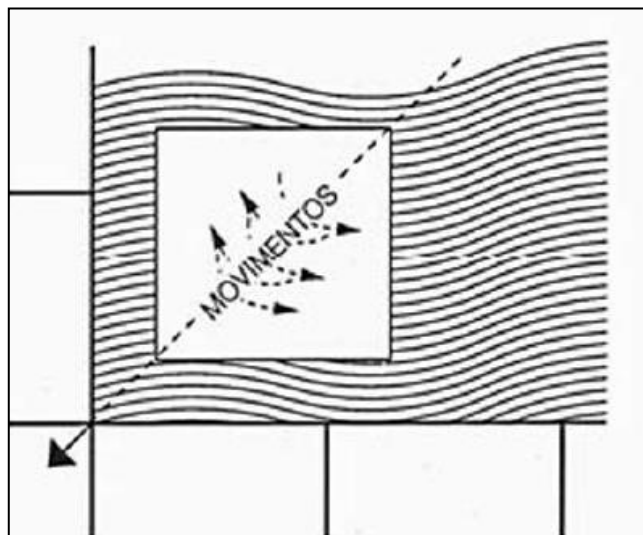
2.2.4 Tempo em aberto

Tempo em aberto é caracterizado pelo tempo máximo para realizar a aderência do revestimento cerâmico a argamassa aderida ao substrato, sem que ocorra a secagem dos cordões, que gera uma espécie de película dificultando a aderência entre argamassa e revestimento cerâmico. As condições do meio e fatores extrínsecos podem influenciar na determinação do tempo em aberto (MAS, 1995)

Para Fiorito (2009) devem ser observadas duas propriedades das argamassas colantes, a formação de película e o tempo em aberto. A formação de película ocorre após espalhamento e penteada, decorrente de condições extrínsecas no meio de aplicação, que dificulta a aderência do revestimento quando assentado simplesmente sobre os cordões de argamassa. Essa película pode ser rompida por meio de movimentos no revestimento cerâmico assentado alguns centímetros fora da posição final, Figura 5. Já o tempo em aberto, é o período decorrido após o desempenho da argamassa até o momento que ainda é possível realizar o assentamento da placa

cerâmica, onde não se tem perdas consideráveis na resistência, após esse tempo a argamassa perde seu aproveitamento.

Figura 5: Assentamento sobre cordões de argamassa com película



Fonte: Fiorito (2009, p.152)

A NBR 14081-1 (ABNT, 2012) define tempo em aberto como sendo o período máximo para se realizar o assentamento do revestimento cerâmico sobre a argamassa, iniciando a contagem após a argamassa colante ser estendida sobre a base de aplicação. A determinação do tempo em aberto para as argamassas colantes é definido pelo método de ensaio da NBR 14081-3 (ABNT, 2012). O Quadro 4 representa o valor do tempo em aberto para argamassas colantes.

Quadro 4: Tempo em aberto de argamassas colantes

TIPO	Tempo em aberto (min)
ACI	≥ 15
ACII	≥ 20
ACIII	≥ 20

Fonte: Adaptado da NBR 14081-1 (ABNT, 2012)

As argamassas colantes Fida (2018), estabelecem em seu manual de utilização que, após efetuar a preparação da argamassa a mesma deve repousar durante 15 minutos, e antes da utilização deve ser misturada novamente. Recomenda-se utilizar a argamassa até 2 horas após o início da mistura.

Campante e Baía (2008) destacam que não é recomendado espalhar a argamassa por mais de 1m², para que não expire o tempo em aberto da argamassa colante. Caso ocorra o vencimento, a argamassa deve ser retirada e descartada, realizando a limpeza do substrato para a aplicação da nova argamassa.

2.2.5 Aspectos relacionados à aderência

Existem fatores importantes que determinam a resistência final das argamassas, um deles seria a composição dos materiais constituintes na confecção, porém, levando em consideração que atualmente as argamassas colantes são industrializadas, existem um controle quanto a essa questão.

As características das argamassas quanto a trabalhabilidade, aderência, resistência e durabilidade, variam em relação a composição do traço adotado. A água de amassamento em excesso também pode interferir na resistência final, deve sempre ser respeitada a quantidade mínima necessária de modo que ocorra a hidratação dos aglomerantes e a trabalhabilidade adequada (RIBEIRO, PINTO, STARLING, 2006).

A trabalhabilidade compreende a facilidade ou dificuldade da disposição final da argamassa, que deve apresentar características correspondente aos materiais de aplicação, obtendo-se bom desempenho na aplicação. Possui ligação direta com a quantidade de água utilizada na preparação da argamassa. Considerando certa quantidade de material fino, aglomerante, a quantidade suficiente de água resultara na coesão necessária de aderência, sem que ocorra segregação. Caso contrário torna a argamassa mais ou menos fluida, o que dificulta a trabalhabilidade. É necessário que se tenha a apropriada interação entre consistência e coesão. A retenção de água colabora na aderência ao substrato, e a perda lenta da água de amassamento proporciona o gradativo ganho de resistência garantindo a estruturação da argamassa (RECENA, 2012).

A obtenção de uma boa aderência é consequência da trabalhabilidade, e a capacidade de retenção de água da argamassa quando submetido a sucção da base de aplicação. A base de aplicação deve estar limpa, possuir boa rugosidade para a ancoragem da argamassa, e ser isenta de oleosidades (BAÍA, SABBATINI, 2008).

2.3 Resistência de aderência à tração

Aderência é a capacidade da argamassa em manter-se aderida sob uma base. Resistência de aderência à tração é a capacidade de certo material ou corpo de prova, suportar a esforço normal de tração.

Se tratando de revestimentos cerâmicos, a NBR 14081-1 (ABNT, 2012) define resistência de aderência a tração como sendo a resistência à ruptura por tração de placas cerâmicas aderidas em substrato padrão, por meio de argamassas colantes industrializadas. O Quadro 5 representa os valores da resistência de aderência à tração pelo método de ensaio da NBR 14081-4 (ABNT, 2012).

Quadro 5: Resistência de aderência à tração aos 28 dias

Tipo de cura	MPa		
	ACI	ACII	ACIII
Normal	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0
Submersa	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0
Estufa	-	≥ 0,5	≥ 1,0

Fonte: Adaptado da NBR 14081-1 (ABNT, 2012)

2.3.1 Normas para revestimentos cerâmicos

As normas vigentes que regem o processo de execução tanto de revestimentos horizontais quanto verticais, entre os materiais de utilização, são apresentadas na sequência:

- NBR 13753 (ABNT, 1996). Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento;
- NBR 13754 (ABNT, 1996). Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento;
- NBR 13755 (ABNT, 1996). Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento;
- NBR 14081-1 (ABNT, 2012). Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Requisitos;

- NBR 14081-2 (ABNT, 2015). Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Execução do substrato padrão e aplicação da argamassa para ensaios;
- NBR 14081-3 (ABNT, 2012). Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Determinação do tempo em aberto;
- NBR 14081-4 (ABNT, 2012). Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Determinação da resistência de aderência à tração.

2.3.2 Estudos relacionados à aderência em revestimentos cerâmicos

A construção civil está em constante desenvolvimento, e junto os materiais empregados na construção, que sofrem melhorias ao passar do tempo. No princípio o assentamento de azulejos era realizado através de argamassas produzidas no próprio canteiro de obra, de espessuras consideráveis, pois era através deste que o nivelamento do piso era realizado. Atualmente o processo de colagem ocorre por meio de pequenas espessuras de argamassa, geralmente industrializadas, que proporcionam melhor aderência entre base e revestimento (RECENA, 2012).

O desenvolvimento dos departamentos químicos possibilita a combinação de novos materiais, mais eficientes, com a possibilidade de substituir aqueles que dependem diretamente de recursos naturais não renováveis. Estudos realizados em compostos poliméricos industrializados, destinados para aderência de pastilhas cerâmicas em substrato padrão, demonstram boas propriedades no quesito de resistência à aderência. Em condições de cura convencional e estufa, atendem valores de resistência à tração definidos pela NBR 14081 (ABNT, 2012), quando submetido a cura submersa os resultados não são muito satisfatórios, consequência do retardo na produção do filme polimérico de secagem. A utilização de componentes hidrófugos pode melhorar propriedades do material quando submetido a cura submersa, desta forma podendo atender valores estabelecidos pela norma, e satisfazendo todas normativas pode se tornar um novo material no meio da construção civil para o assentamento de revestimentos cerâmicos (MENDEZ *et al.*, 2018).

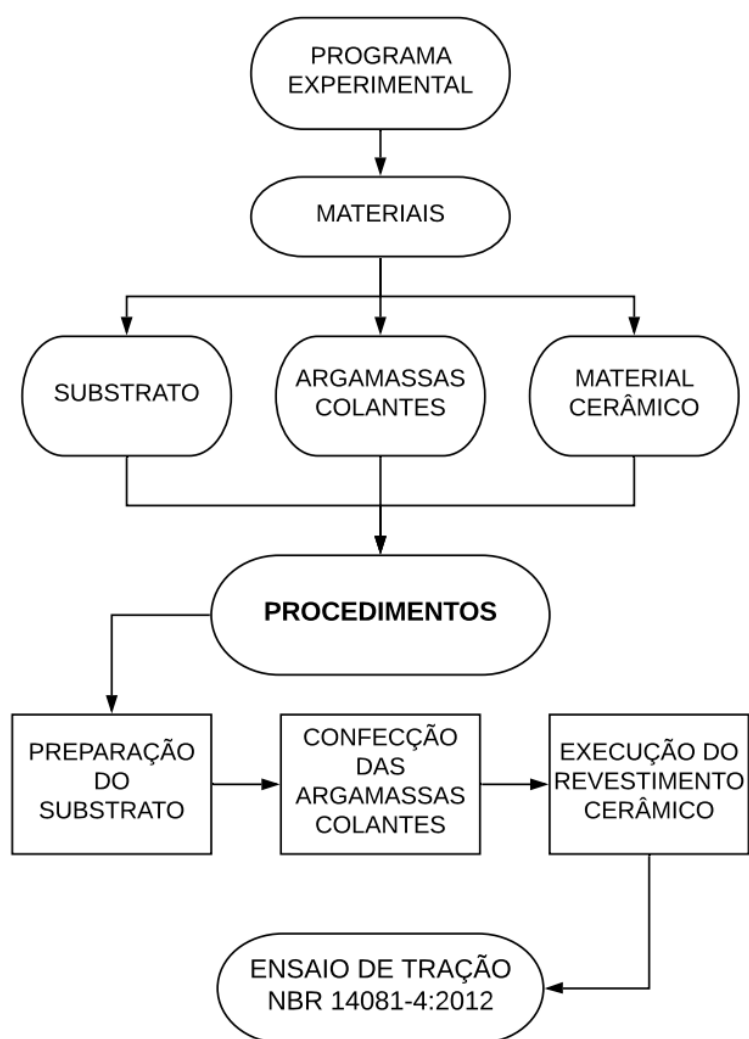
Tratando-se de revestimentos de fachada, estes devem ter atenção redobrada quanto aos quesitos de identificações de tensões atuantes na estrutura, e o correto

projeto de revestimento. A atribuição de juntas de dilatação é de extrema importância, são elas as responsáveis por aliviar as tensões da estrutura, garantindo a integridade e durabilidade do sistema de revestimento. As causas mais comuns que tendem a gerar problemas são, incoerências em projetos, materiais inadequados, o não respeito do tempo em aberto das argamassas, processos de execução inadequados, e mão de obra não qualificada para realizar a tarefa (RIBEIRO, BARROS, 2010).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste item será apresentado o programa experimental da pesquisa, bem como a caracterização dos materiais utilizados e o método de ensaio adotado para o estudo de aderência à tração de revestimento cerâmico. O fluxograma na Figura 6 representa a sequência da pesquisa.

Figura 6: Fluxograma do programa experimental



Fonte: Elaboração própria

3.1 Materiais

Neste tópico são apresentados os materiais que foram utilizados neste trabalho, sendo eles, o substrato de aplicação, as argamassas colantes e o material cerâmico.

3.1.1 Substrato

O substrato de aplicação para ensaios de aderência de revestimentos cerâmicos é definido conforme NBR 14081-2 (ABNT, 2012), substrato padrão com dimensões de 25 cm x 50 cm, e espessura de 40 cm. Os substratos utilizados foram não armados, submetidos a cura ao tempo de 28 dias.

3.1.2 Argamassa colante

Foram utilizadas argamassas colantes industrializadas, do tipo ACI, ACII e ACIII, do mesmo fabricante, adquiridas no comércio local da cidade de Alegrete-RS, que deve atender aos requisitos definidos pela NBR 14081-1 (ABNT, 2012).

3.1.3 Material cerâmico

No estudo da resistência de aderência à tração, é determinado pela NBR 13817 (ABNT, 1997) um revestimento cerâmico do grupo BIIa, que possui taxa de absorção de água variando entre 3% e 6%, porém não foi encontrado nenhum revestimento cerâmico deste grupo na região.

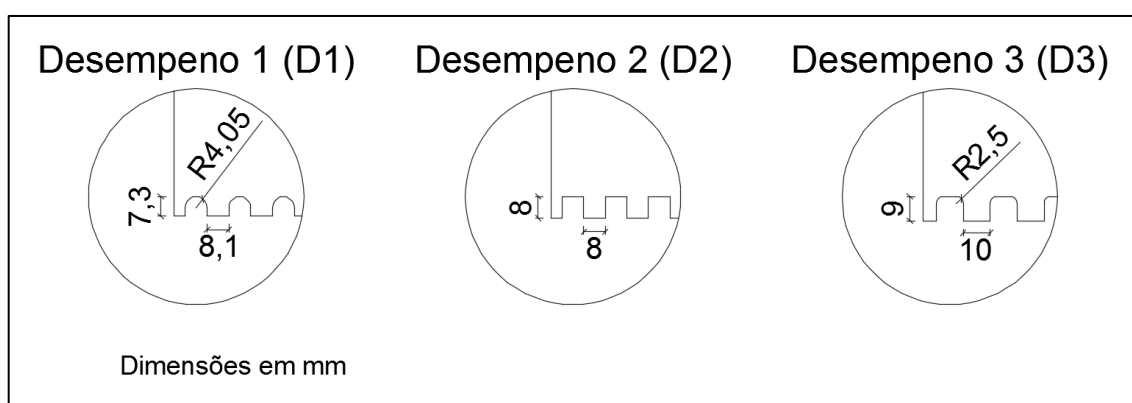
Para o estudo foi adotado um material cerâmico do grupo BIIb, que é um grupo facilmente encontrado em lojas de construção civil da região. O revestimento adotado apresenta uma taxa de absorção superior à recomendada pela norma NBR 13817 (ABNT, 1997), variando entre 6% e 10%.

3.1.4 Desempeno

A NBR 13753 (ABNT, 1996), descreve os tipos de desempenadeira de aço denteadas, a norma estabelece o tipo de desempenadeira para estender a argamassa colante conforme a área de superfície da placa cerâmica.

Os desempenos utilizados no estudo foram adquiridos no mercado local na cidade de Alegrete-RS, dentre eles, apenas o desempenho 2 se enquadra nas normativas estabelecidas pela NBR 13753 (ABNT, 1996). A Figura 7 representa os detalhamentos dos dentes das desempenadeiras utilizadas.

Figura 7: Detalhamento desempenos



Fonte: Elaboração própria

3.2 Métodos

Nesta seção serão discutidos os métodos e procedimento de ensaios de aderência nos revestimentos cerâmicos com diferentes tipologias de argamassas cola e desempenos. Um total de nove substratos padrão foram analisados, sendo três para cada tipo de cimento cola (ACI, ACII e ACIII) que foram testados com três desempenos desiguais. A Figura 8 representa a disposição das combinações de argamassa colante com desempenos.

Figura 8: Combinação de argamassas e desempenos

ACI	D1	D2	D3
ACII	D1	D2	D3
ACIII	D1	D2	D3

Fonte: Elaboração própria

3.2.1 Preparação do substrato

O processo de execução do substrato padrão, e, ensaios de caracterização do substrato padrão, são definidos respectivamente pelo Anexo B e C da NBR 14081-2 (ABNT, 2015). O substrato foi fixado como padrão para todos os ensaios.

O concreto utilizado para a execução dos substratos, foi executado com cimento CPV ARI, com traço em massa seca de 1:2,6:1,3 (cimento:areia:agregado graúdo), com relação de água/cimento de 0,45.

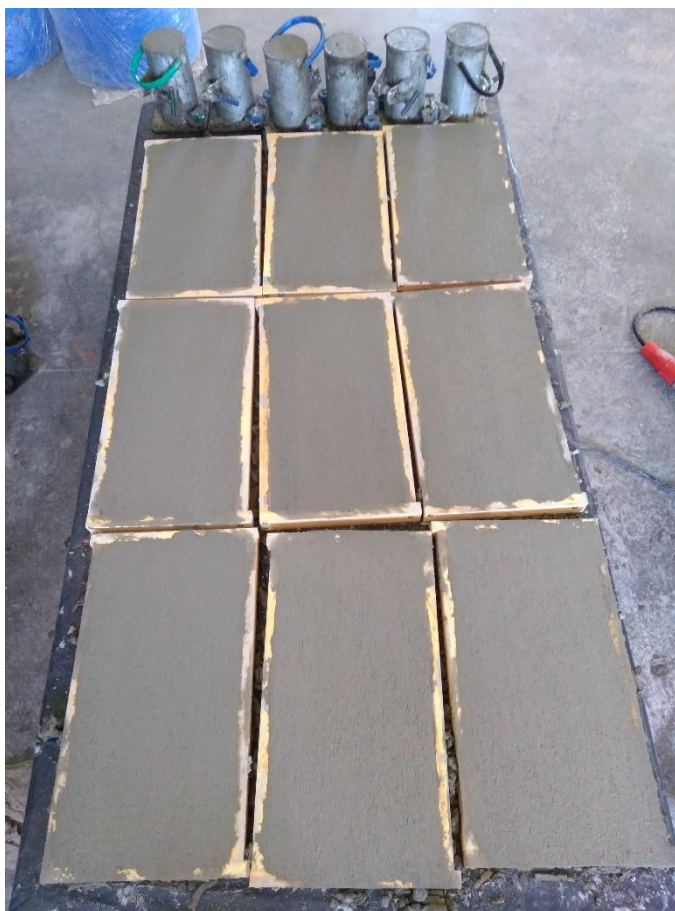
As formas para a execução do substrato padrão foram confeccionadas em madeira de pinus, com duas demãos de verniz para evitar a absorção de água pela madeira, Figura 9 representa as formas utilizadas, enquanto a Figura 10 e 11 representam respectivamente a concretagem das formas, e substrato padrão desformado.

Figura 9: Formas de moldagem substrato padrão



Fonte: Elaboração própria

Figura 10: Concretagem substrato padrão



Fonte: Elaboração própria

Figura 11: Substrato padrão desmoldado



Fonte: Elaboração própria

Após 28 dias de cura ao tempo, foram ensaiados três corpos de prova que foram moldados junto com os substratos, obtendo para o ensaio de compressão axial uma resistência média de 40,83 MPa.

3.2.2 Confeção das argamassas cola

O preparo das argamassas colantes foi realizado por meio de misturador mecânico, atendendo os critérios estabelecido pela NBR 14081-2 (ABNT, 2015). Sendo empregadas argamassas do tipo ACI, ACII e ACIII.

Para o preparo foi utilizado 2,5 Kg de argamassa colante, juntamente com 0,625 Kg de água, sendo a indicação do fabricante de 5 litros de água para um saco de 20Kg. Primeiramente foi adiciona a água no recipiente de mistura, em seguida o material seco, aciona-se o misturador na velocidade lenta, misturando por 30 segundos, após desliga-se e raspar toda a superfície do recipiente de mistura, misturando por mais 60 segundos na velocidade lenta, deve-se desligar e deixar o material em maturação por um período de 15 minutos. Após maturação e antes da aplicação no substrato, agitar a mistura novamente por 15 segundos.

3.2.3 Execução do revestimento cerâmico

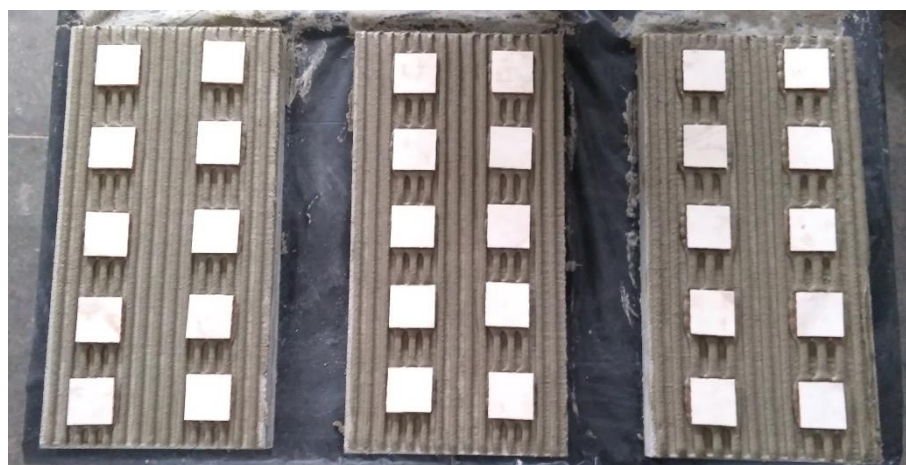
A aplicação da argamassa no substrato, foi efetuada sobre a superfície previamente limpa, sem gorduras ou elementos que possam prejudicar na aderência, respeitando os critérios de execução estabelecidos pela NBR 14081-2 (ABNT, 2015). A dimensão dos corpos de prova cerâmicos a serem assentado sobre a argamassa é definida pela NBR 14081-4 (ABNT, 2012), de dimensão quadrado, e aresta igual a 50 ± 1 mm. A quantidade correspondente a 10 corpos de prova deverá ser disposta sobre o substrato padrão. A Figura 12 representa a preparação para a execução do assentamento cerâmico, na Figura 13 pode-se observar os corpos de prova cerâmicos assentados sobre a argamassa colante.

Figura 12: Preparação assentamento cerâmico



Fonte: Elaboração própria

Figura 13: Material cerâmico assentado sobre argamassa colante



Fonte: Elaboração própria

Nas Figuras 14, 15 e 16, pode -se observar todas as composições propostas, cada tipo de cimento cola com seu respectivo desempenho.

Figura 14: Composição ACI e desempenos (D1, D2 e D3)



Fonte: Elaboração própria

Figura 15: Composição ACII e desempenos (D1, D2 e D3)



Fonte: Elaboração própria

Figura 16: Composição ACIII e desempenos (D1, D2 e D3)



Fonte: Elaboração própria

3.2.4 Ensaio de aderência à tração em revestimentos cerâmicos

Os materiais, equipamentos, métodos, e expressão dos resultados referente a determinação da resistência de aderência à tração, foram adotados conforme a NBR 14081-4 (ABNT, 2012). A execução do ensaio foi realizada aplicando carga de velocidade uniforme de (250 ± 50) Newtons/segundo em peça metálica aderida a superfície da peça cerâmica, até que ocorresse a ruptura, analisando-se o tipo de ruptura e a resistência sobre cada corpo de prova. As rupturas podem ocorrer da seguinte forma:

- Ruptura do substrato **(S)**;
- Ruptura na interface da argamassa e substrato **(S/A)**;
- Ruptura na camada de argamassa colante **(A)**;
- Ruptura na interface argamassa e placa cerâmica **(A/P)**;
- Ruptura da placa cerâmica **(P)**;
- Ruptura na cola do elemento metálico **(F)**.

A Figura 17 representa a colagem do elemento metálico na placa cerâmica, que foi realizado por meio de uma cola à base de resina epóxi.

Figura 17: Colagem do elemento metálico



Fonte: Elaboração própria

A Figura 18 mostra uma placa após metade dos ensaios realizados, enquanto a Figura 19 um melhor detalhamento do equipamento após o ensaio à tração de um corpo de prova.

Figura 18: Placa sendo ensaiada



Fonte: Elaboração própria

Figura 19: Equipamento de ensaio



Fonte: Elaboração própria

4 RESULTADOS

A NBR 14081-4 (ABNT, 2012) estabelece os critérios para a obtenção dos resultados de ensaios de aderência à tração em revestimentos cerâmicos. Após obtidos os valores de resistência de cada série de assentamento, calcula-se a média geral, descartando-se valores que ultrapassam 20% tanto a média superior quanto inferior.

A média final é calculada utilizando-se apenas valores entre os limites estabelecidos pela NBR 14081-4 (ABNT, 2012).

4.1 Análise de aderência à tração

Com os dados de resistência a tração obtidos referentes a cada série, determina-se inicialmente a tensão, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação.

No quadro 6 estão dispostos os valores obtidos para a análise estatística, onde pode-se observar a variação nos resultados alcançados.

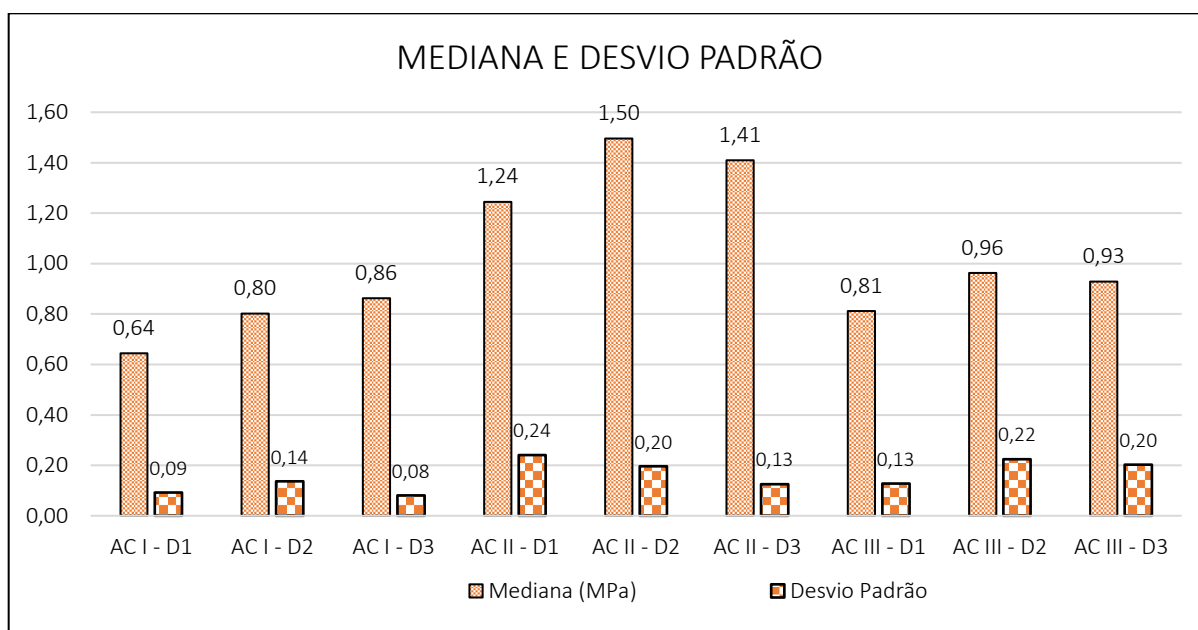
Quadro 6: Dados estatísticos

Cimento Cola / Desempeno	Tensão Média (MPa)	Mediana (MPa)	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação
AC I - D1	0,62	0,64	0,09	14,88%
AC I - D2	0,78	0,80	0,14	17,44%
AC I - D3	0,87	0,86	0,08	9,37%
AC II - D1	1,21	1,24	0,24	19,86%
AC II - D2	1,47	1,50	0,20	13,36%
AC II - D3	1,43	1,41	0,13	8,76%
AC III - D1	0,83	0,81	0,13	15,35%
AC III - D2	0,94	0,96	0,22	23,80%
AC III - D3	1,02	0,93	0,20	19,86%

Fonte: Elaboração própria

Analisando as Figuras 20 e 21, tem-se um melhor entendimento dos dados estatísticos apresentados no Quadro 6. Na Figura 20 nota-se que houve um acréscimo de resistência do ACI para o ACII, seguido de uma baixa na resistência do ACIII. Já o desvio padrão teve pontos dispersos, com padrão diferente para cada composição (argamassa colante + desempenho).

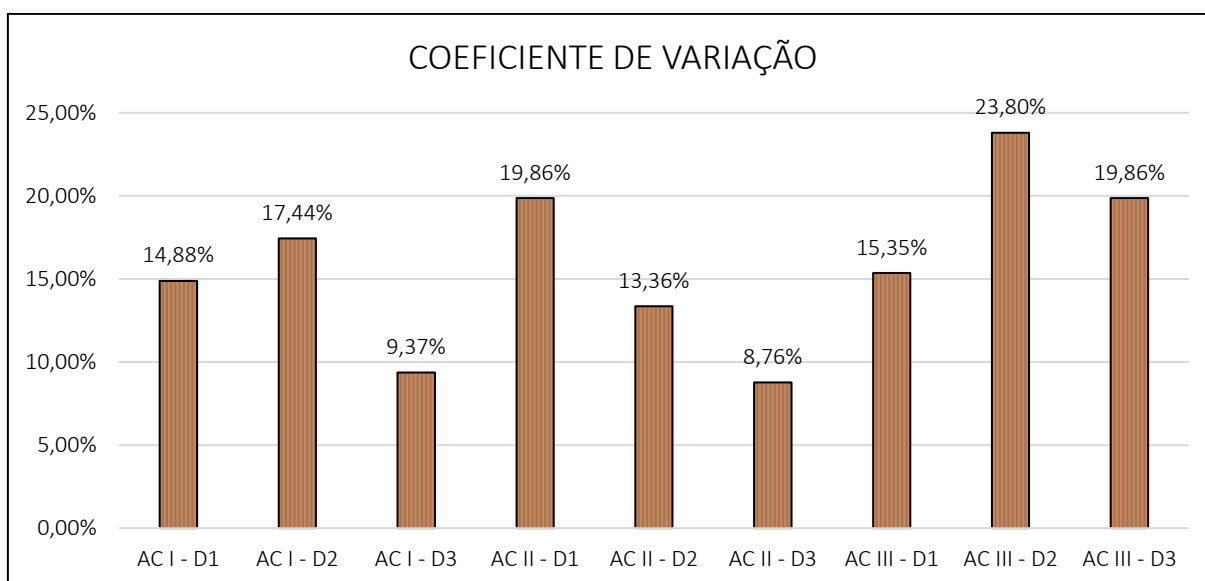
Figura 20: Mediana e Desvio Padrão



Fonte: Elaboração própria

Analisando a Figura 21, pode-se observar a mudança no coeficiente de variação para cada composição (argamassa colante + desempenho), onde cada composição apresenta um padrão.

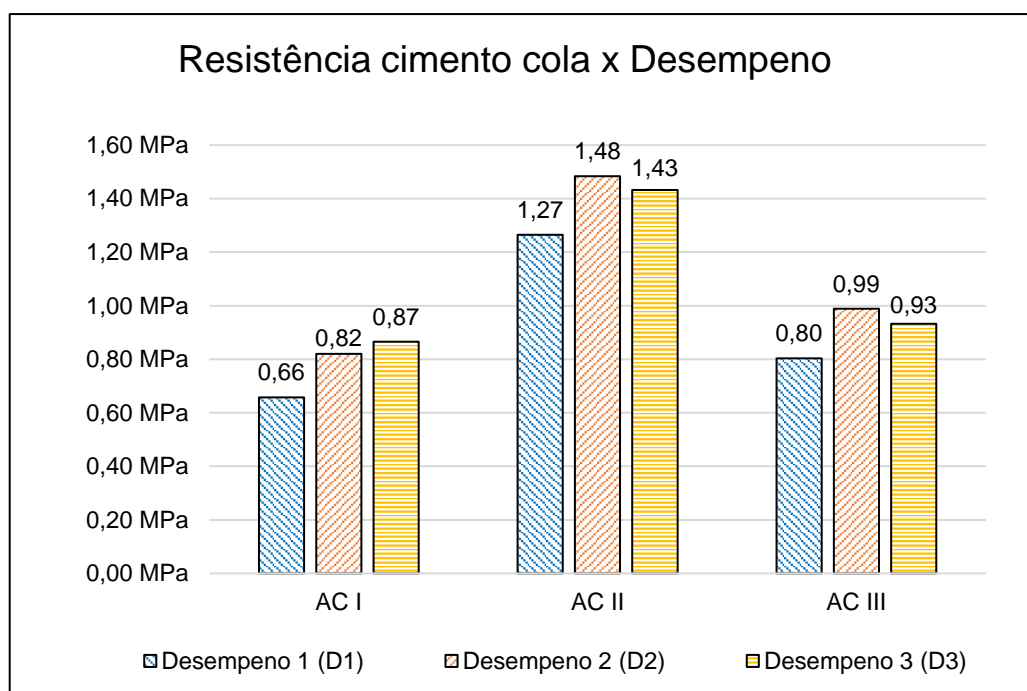
Figura 21: Variação do ensaio



Fonte: Elaboração própria

A Figura 22 expressa os resultados obtidos por meio da média final, que é calculada utilizando-se apenas valores entre os limites estabelecidos pela NBR 14081-4 (ABNT, 2012).

Figura 22: Resultados de aderência à tração



Fonte: Elaboração própria

Com base nos resultados alcançados, tem-se que, apenas o cimento cola ACI e ACII atendem as resistências mínimas de normativas, ficando a ACIII abaixo dos valores estipulados pela NBR 14081-1 (ABNT, 2012), que determina uma resistência mínima de 0,5 MPa para ACI e ACII, e 1,0 MPa para ACIII. Foi constatado que a ACIII pertencia a um lote diferente, quando comparado ao ACI e ACII, que pode ter sofrido algum tipo de avaria no processo de fabricação ou embalagem do produto.

4.2 Análise de ruptura

A NBR 14081-4 (ABNT, 2012) define os tipos de ruptura da seguinte forma:

- Ruptura do substrato **(S)**;
- Ruptura na interface da argamassa e substrato **(S/A)**;
- Ruptura na camada de argamassa colante **(A)**;
- Ruptura na interface argamassa e placa cerâmica **(A/P)**;
- Ruptura da placa cerâmica **(P)**;
- Ruptura na cola do elemento metálico **(F)**.

Para o ACI e seus respectivos desempenhos, obteve-se um melhor desempenho no (D2), com rupturas apenas na camada da argamassa colante. O Quadro 8 expressa o tipo de ruptura que se obteve para cada desempenho avaliado.

Quadro 7: Ruptura ACI e seus respectivos desempenhos

Cimento Cola	Corpo de Prova	Tipo de Ruptura		
		D1	D2	D3
AC I	1	A	A	A
	2	A; S/A	A	A
	3	A	A	A
	4	A	A	A
	5	A	A	A
	6	A	A	-
	7	A	A	A; S/A
	8	A; S/A	A	A
	9	A	A	A
	10	A	A	A
A: Ruptura na camada de argamassa colante				
S/A: Ruptura na interface da argamassa e substrato				

Fonte: Elaboração própria

Nas Figuras 23, 24 e 25 pode-se observar a ruptura para o ACI e seus respectivos desempenos ensaiados.

Figura 23: Ruptura ACI – D1



Fonte: Elaboração própria

Figura 24: Ruptura ACI – D2



Fonte: Elaboração própria

Figura 25: Ruptura ACI – D3



Fonte: Elaboração própria

Para o ACII e seus respectivos desempenos, obteve-se um melhor desempenho no (D2). O Quadro 9 expressa o tipo de ruptura que se obteve para cada desempenho avaliado.

Quadro 8: Ruptura ACII e seus respectivos desempenos

Cimento Cola	Corpo de Prova	Tipo de Ruptura		
		D1	D2	D3
AC II	1	A	A	A
	2	A; S/A	A	S/A
	3	A	A	S/A
	4	A; S/A	A	A; S/A
	5	S/A	A	A
	6	A; S/A	A	A
	7	S/A	A/P	A
	8	A; S/A	A/P	S/A
	9	A; S/A	A	A
	10	A	A	A; S/A
A: Ruptura na camada de argamassa colante S/A: Ruptura na interface da argamassa e substrato A/P: Ruptura na interface argamassa e placa cerâmica				

Fonte: Elaboração própria

Nas Figuras 26, 27 e 28 pode-se observar a ruptura para o ACI e seus respectivos desempenos ensaiados.

Figura 26: Ruptura ACII – D1



Fonte: Elaboração própria

Figura 27: Ruptura ACII – D2



Fonte: Elaboração própria

Figura 28: Ruptura ACII – D3



Fonte: Elaboração própria

Para o ACIII e seus respectivos desempenhos, obteve-se um melhor desempenho no (D1) e (D2), com rupturas apenas na camada da argamassa colante. O Quadro 10 expressa o tipo de ruptura que se obteve para cada desempenho avaliado.

Quadro 9: Ruptura ACIII e seus respectivos desempenhos

Cimento Cola	Corpo de Prova	Tipo de Ruptura		
		D1	D2	D3
AC III	1	A	A	A
	2	A	A	A
	3	A	A	A
	4	A	A	A
	5	A	A	A
	6	A	A	A; S/A
	7	A	A	A; S/A
	8	A	A	A
	9	A	A	A
	10	A	A	A
A: Ruptura na camada de argamassa colante S/A: Ruptura na interface da argamassa e substrato				

Fonte: Elaboração própria

Nas Figuras 29, 30 e 31 pode-se observar a ruptura para o ACI e seus respectivos desempenhos ensaiados.

Figura 29: Ruptura ACIII – D1



Fonte: Elaboração própria

Figura 30: Ruptura ACIII – D2



Fonte: Elaboração própria

Figura 31: Ruptura ACIII – D3

Fonte: Elaboração própria

Para revestimentos cerâmicos, tem-se que a ruptura para a melhor eficiência do sistema deve ocorrer na camada de argamassa colante, para isso o cimento cola deve atender aos limites de resistência estabelecidos por normativa.

Dentre os desempenhos analisados, o desempenho que está dentro dos padrões normativos D2, apresentou melhor desempenho na análise de ruptura frente a diferentes tipos de cimento cola utilizados, mantendo um padrão nas análises de rupturas. Os desempenhos fora do padrão normativo D1 e D3, apresentam uma variação maior na análise de ruptura, apresentando um padrão diferente para cada tipo de argamassa colante.

Nas rupturas obtidas, foram observados quatro tipos predominantes, sendo ruptura na camada da argamassa colante (A) Figura 32, ruptura na interface da argamassa e substrato (S/A) Figura 33, ruptura na interface argamassa e placa cerâmica (A/P) Figura 34, podendo ainda ser observado dois tipos de ruptura em um mesmo corpo de prova (A; S/A) Figura 35.

Figura 32: Ruptura na camada da argamassa colante (A)



Fonte: Elaboração própria

Figura 33: Ruptura na interface da argamassa e substrato (S/A)



Fonte: Elaboração própria

Figura 34: Ruptura na interface argamassa e placa cerâmica (A/P)



Fonte: Elaboração própria

Figura 35: Ruptura (A;S/A)



Fonte: Elaboração própria

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para as resistências de aderência à tração dos cimentos cola ensaiados, apenas o ACI e ACII estão dentro de limites estabelecidos por normativa, sendo para estes iguais ou superior a 0,5 Mpa, já o ACIII atingiu resistências inferiores a 1,0 Mpa que é o valor mínimo determinado em normativa, não atendendo o critério de resistência mínima.

Referente aos desempenhos avaliados, obteve-se um melhor desempenho com o D2, alcançando bom desempenho tanto na resistência de aderência à tração quanto na análise de ruptura, reforçando assim as recomendações de desempenhos indicados na NBR 13753 (ABNT, 1996), onde D2 se enquadra nos padrões de normativa. Os desempenhos D1 e D3 alcançaram bons resultados na resistência de aderência à tração, porém, apresentando grande discrepância nas análises de rupturas entre argamassas colantes.

Dentre os desempenhos avaliados, indica-se o D2 como melhor desempenho. Existe uma gama muito grande de padrões de desempenhos que são utilizados na construção civil, porém, é importante conhecer qual é o mais eficiente, de modo que, se possa atingir e garantir uma execução de boa qualidade, gerando um produto final duradouro. Com base nos resultados alcançados tem-se que para a execução de revestimentos cerâmicos, deve-se escolher o desempenho de acordo com indicações estabelecida pela NBR 13753 (ABNT, 1996), obtendo resultados mais uniformes quando comparados a desempenhos fora de padrão normativo.

REFERÊNCIAS

ABCERAM. **Associação Brasileira de Cerâmica** – ABC. Disponível em: <<https://abceram.org.br/>>. Acesso em: 14 abril, 2018.

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.

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

_____. **NBR 13755**. Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 13816**. Placas cerâmicas para revestimento - Terminologia. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 13817**. Placas cerâmicas para revestimento - Classificação. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 14081-1**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **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.

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

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

_____. **NBR 15575:** Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

BAÍA, Luciana Leone Maciel; SABBATINI, Fernando Henrique. **Projeto e execução de revestimento de Argamassa.** 4ª ed. São Paulo, O Nome da Rosa, 2008.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de construção 2.** 5ª ed. Rio de Janeiro, editora LTC, 1994.

CAMPANTE, Edmilson Freitas; BAÍA, Luciana Leone Maciel. **Projeto e execução de revestimento cerâmico.** 2ª ed. São Paulo, O Nome da Rosa, 2008.

FIDA. **Recomendações de utilização dos produtos fida.** Disponível em: <<http://www.fida.com.br>>. Acesso em: 18 junho, 2018.

FIORITO, Antônio J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução.** 2ª ed. São Paulo, editora PINI, 2009.

MAS, Edgard. **O tempo em aberto das argamassas colantes.** Simpósio Brasileiro de Tecnologias das Argamassas, Goiânia, v. 1, p. 203-2016, agosto. 1995.

MENDEZ, B. M. G.; SOUZA, R. P.; TUTIKIAN, B. F.; CADORED, B. C.; EHRENBRING, H. Z.; CHRIST, R. **Análise da viabilidade de uso de composto polimérico para assentamento de revestimento cerâmico.** In: Congresso Brasileiro de Patologia das Construções – CBPAT, 3, 2018, Campo Grande, MS. Anais CBPAT. Artigos, p. 133-144.

PETRUCCI, Eladio G. R. **Materiais de construção.** 12ª ed. São Paulo, ed. Globo, 2007.

PEREIRA, Caio. **Tipos de argamassa – AC-I, AC-II e AC-III**. Escola Engenharia, 2015. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-argamassa/>>. Acesso em: 17 maio, 2018.

RECENA, Fernando Antônio Piazza. **Conhecendo argamassa**. 2ª ed. Porto Alegre, Editora universitária da PUCRS, 2012.

RIBEIRO, Carmen Couto; PINTO, Joana Darc da Silva; STARLING, Tadeu. **Materiais de construção civil**. 2ª ed. Belo Horizonte, Editora UFMG; Escola de engenharia da UFMG, 2006.



RIBEIRO, Fabiana Andrade; BARROS, Mércia Maria Semensato Bottura. **Juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas**. 1ª ed. São Paulo, editora PINI, 2010.

RCARDARTE. **Verso lajota de piso**. Disponível em: <<http://ricardarte.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 17 junho, 2018.

SANTOS, Heraldo Barbosa dos. **Ensaio de aderência das argamassas de revestimento**. 50 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2008.



ANEXO 1

Cimento Cola / Desempeno	Corpo de Prova	Tensão (Mpa)	Ruptura	Média (Mpa)	Limite inferior (MPa)	Limite superior (MPa)	Média Final (Mpa)
AC I - D1	1	0,48	A	0,62	0,50	0,74	0,66
	2	0,53	A; S/A				
	3	0,65	A				
	4	0,73	A				
	5	0,65	A				
	6	0,63	A				
	7	0,46	A				
	8	0,64	A; S/A				
	9	0,72	A				
	10	0,72	A				
AC I - D2	1	0,72	A	0,78	0,63	0,94	0,82
	2	0,84	A				
	3	0,76	A				
	4	0,73	A				
	5	0,91	A				
	6	0,56	A				
	7	0,88	A				
	8	0,89	A				
	9	0,97	A				
	10	0,56	A				
AC I - D3	1	0,73	A	0,87	0,69	1,04	0,87
	2	0,91	A				
	3	0,86	A				
	4	0,94	A				
	5	0,80	A				
	6	0,00	A; S/A				
	7	0,78	A; S/A				
	8	0,86	A				
	9	0,91	A				
	10	1,00	A				

 Valores utilizados
 Valores descartados



ANEXO 2

Cimento Cola / Desempeno	Corpo de Prova	Tensão (Mpa)	Ruptura	Média (Mpa)	Limite inferior (MPa)	Limite superior (MPa)	Média Final (Mpa)
AC II - D1	1	1,34	A	1,21	0,97	1,45	1,27
	2	1,55	A; S/A				
	3	0,84	A				
	4	1,52	A; S/A				
	5	0,91	S/A				
	6	1,17	A; S/A				
	7	0,93	S/A				
	8	1,14	A; S/A				
	9	1,32	A; S/A				
	10	1,36	A				
AC II - D2	1	1,02	A	1,47	1,17	1,76	1,48
	2	1,56	A				
	3	1,64	A				
	4	1,46	A				
	5	1,52	A				
	6	1,77	A				
	7	1,54	A/P				
	8	1,29	A/P				
	9	1,47	A				
	10	1,39	A				
AC II - D3	1	1,61	A	1,43	1,15	1,72	1,43
	2	1,57	S/A				
	3	1,58	S/A				
	4	1,53	A; S/A				
	5	1,29	A				
	6	1,39	A				
	7	1,43	A				
	8	1,32	S/A				
	9	1,35	A				
	10	1,25	A; S/A				

 Valores utilizados
 Valores descartados

ANEXO 3

Cimento Cola / Desempeno	Corpo de Prova	Tensão (Mpa)	Ruptura	Média (Mpa)	Limite inferior (MPa)	Limite superior (MPa)	Média Final (Mpa)
AC III - D1	1	1,00	A	0,83	0,67	1,00	0,80
	2	0,87	A				
	3	0,73	A				
	4	0,87	A				
	5	0,92	A				
	6	1,06	A				
	7	0,74	A				
	8	0,63	A				
	9	0,76	A				
	10	0,74	A				
AC III - D2	1	0,91	A	0,94	0,75	1,13	0,99
	2	0,69	A				
	3	1,02	A				
	4	1,11	A				
	5	0,65	A				
	6	1,10	A				
	7	0,73	A				
	8	1,03	A				
	9	1,41	A				
	10	0,77	A				
AC III - D3	1	0,96	A	1,02	0,82	1,22	0,93
	2	0,86	A				
	3	0,76	A				
	4	0,83	A				
	5	0,87	A				
	6	1,36	A; S/A				
	7	1,23	A; S/A				
	8	1,26	A				
	9	1,18	A				
	10	0,90	A				

 Valores utilizados
 Valores descartados