

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

**INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS SUPERFICIAIS EXECUTADOS NA PAREDE
DE CONCRETO NO DESENVOLVIMENTO DA ADERÊNCIA COM
REVESTIMENTOS CERÂMICOS INTERNOS**

Autora: Patrícia Vasconcelos de Oliveira
Orientador: Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior
Coorientador: Prof. Dr. White José dos Santos

Belo Horizonte
Junho/2020

Patrícia Vasconcelos de Oliveira

**INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS SUPERFICIAIS EXECUTADOS NA PAREDE
DE CONCRETO NO DESENVOLVIMENTO DA ADERÊNCIA COM
REVESTIMENTOS CERÂMICOS INTERNOS**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Construção Civil. Área de concentração: Materiais de Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior

Coorientador: Prof. Dr. White José dos Santos

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2020

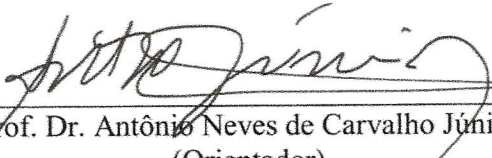
PATRÍCIA VASCONCELOS DE OLIVEIRA

**"INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS SUPERFICIAIS EXECUTADOS NA
PAREDE DE CONCRETO NO DESENVOLVIMENTO DA ADERÊNCIA COM
REVESTIMENTOS CERÂMICOS INTERNOS"**


Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Construção Civil e aprovada em sua forma final pelo Mestrado em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

Belo Horizonte, 25 de junho de 2020.

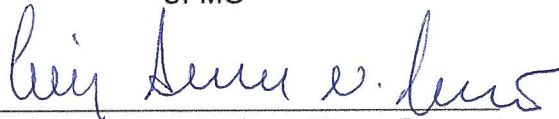
BANCA EXAMINADORA




Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior
(Orientador)
UFMG



Prof. Dr. White José dos Santos
(Coorientador)
UFMG



Prof. Dr. Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco
UFMG



Profª. Dra. Ângela Borges Masuero
UFRGS

AGRADECIMENTOS

A conclusão dessa dissertação de mestrado foi possível não apenas pelo esforço pessoal, mas também pela contribuição de diversas pessoas que me acompanharam durante essa desafiadora jornada. Por essa razão, deixo registrado aqui a minha mais sincera gratidão.

Agradeço primeiramente à Deus por ser o guia da minha vida e por ter me mostrado o caminho em que eu deveria seguir. Sem os Seus planos, o início dessa trajetória não seria possível.

Ao meu orientador e amigo Professor Doutor Antônio Jr. pela disponibilidade, profissionalismo e sabedoria compartilhada. Sou eternamente grata pela confiança depositada. Que a nossa parceria possa se estender para outros projetos.

Ao meu coorientador Professor Doutor White pela disponibilidade, conselhos quanto aos prazos e pela dedicação para conclusão dessa pesquisa. Que a nossa parceria possa se estender para outros projetos.

Aos meus amados pais Cida e José, por me educarem de forma que me tornasse uma pessoa destemida e preparada para qualquer obstáculo. A conclusão desse mestrado só foi possível porque os meus pilares são vocês dois. Como é grande o meu amor por vocês.

Aos meus irmãos caçulas Milena e Raul, por me impulsionarem a ser uma pessoa melhor preocupada em ser exemplo. Estarei sempre aqui, por vocês e para vocês.

Ao meu grande amor Roney, por me ensinar que por mais que a jornada seja pesada, eu sempre terei paz e conforto ao me lembrar que estará para sempre comigo. O seu abraço recarrega as minhas energias e me incentivaram a finalizar esse projeto.

À minha madrastra Cyntia e padrasto Marquinho, por serem meus amigos, por terem agregado na minha formação e também na vida dos meus pais. O meu muito obrigada.

À Isadora que me auxiliou no desenvolvimento dessa pesquisa, desde os ensaios executados em obra até na apresentação dos resultados dessa pesquisa. Além de ser

uma excelente aluna da iniciação científica, te considero uma grande amiga. Torço muito pelo seu sucesso.

Aos meus colegas Rodolfo, Juliana e Priscylla pela parceria construída durante os últimos anos juntos. Vocês fizeram com que a caminhada ao longo do mestrado se tornasse mais leve. Obrigada pelo apoio.

Ao Lucas da Isotec pela orientação de uso dos equipamentos utilizados nos ensaios. Ao Leonardo Mayer do Laboratório de materiais metálicos que me auxiliou no preparo das placas metálicas. Ao Rafael do Laboratório LCPnano que realizou o ensaio de rugosidade. À Universidade Federal de Minas Gerais pela oportunidade e aos funcionários da Escola de Engenharia pela colaboração.

EPÍGRAFE

“Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino.”

(Leonardo da Vinci)

RESUMO

O deslocamento cerâmico é uma manifestação patológica que ocorre devido à falta de aderência entre as camadas de revestimento gerando diversos transtornos ao setor da construção civil. A falta de aderência está relacionada a fatores como: as características do substrato (distribuição de poros, rugosidade, absorção e presença de sujidades), tipo de argamassa colante (percentual de aditivos poliméricos). Verificam-se diversas pesquisas acerca do estudo da aderência do revestimento cerâmico aplicado em inúmeros tipos de substratos. Contudo existe carência de resultados relacionados as aderências em sistemas construtivos mais novos como a parede de concreto moldada *in loco*. Diante desse cenário, este estudo objetivou verificar a aderência do revestimento cerâmico aplicado com argamassas colantes industrializadas ACI, ACII e ACIII em substratos de parede de concreto submetidos a diferentes tipos de tratamentos superficiais, sendo eles o lixamento mecânico seguido do hidrojateamento (LMH), apenas o hidrojateamento (H), escovação manual com detergente seguida do hidrojateamento (EMDH), além da superfície sem tratamento (ST). O programa experimental envolveu primeiramente a caracterização das bases tratadas através da análise das imagens registradas com o microscópio digital (1000 vezes), além da verificação da rugosidade e absorção de água. Posteriormente foi analisada a resistência de aderência de todas as situações propostas, bem como o tipo de ruptura ocorrida e a análise da extensão de aderência. Constatou que os tratamentos tendem a reduzir a presença de óleo desmoldante na parede e a aumentar a porosidade aberta gerando aumento da rugosidade e absorção de água. Verificou-se que as situações EMDH-ACI, LMH-ACI, ST-ACI, H-ACI e ST-ACII apresentaram resultados insuficientes e não seriam recomendadas suas utilizações para substratos de parede de concreto moldada *in loco*. Por fim, conclui-se que a situação H-ACII apresentou excelentes resultados com um menor esforço de execução de tratamento e o seu uso seria mais recomendado para aplicação de revestimento cerâmico na parede de concreto.

Palavras-chave: Aderência, tratamento superficial, revestimento cerâmico, parede de concreto, argamassa colante.

ABSTRACT

Ceramic detachment is a construction pathological manifestation that occurs due to the lack of adherence between coating layers, that brings several problems to the civil construction sector. This lack of adherence is related to factors such as: substrate characteristics (pore distribution, roughness, absorption and presence of dirt), type of adhesive mortar (percentage of polymeric additives). There are several studies about ceramic tile adhesion on many types of substrates. However, there are few studies related to new construction systems such as concrete wall bonded in place. Considering this scenario, this study aimed to verify the adherence of ceramic tiles layed with industrialized adhesive mortars ACI, ACII and ACIII on concrete wall substrates subjected to different types of surface treatments, which are mechanical sanding followed by hydrojetting (LMH), only hydrojetting (H), manual brushing with detergent followed by hydrojetting (EMDH), and untreated surface (ST). The experimental program first involved treated bases characterization by analyzing the images recorded with digital microscope (1000 times), and checking the roughness and water absorption. Posteriorly, was analysed the pull-off strength of all proposed situations was, as well as the type of rupture and the adhesion extension. It was found that those treatments tend to reduce the presence of mold release oil on the wall and to increase porosity, increasing roughness and water absorption. It was found that the EMDH-ACI, LMH-ACI, ST-ACI, H-ACI and ST-ACII situations presented insufficient results and their use would not be recommended for concrete wall bonded in place system. Finally, it is concluded that the H-ACII situation got excellent results with less effort to carry out bases treatment and its use would be more recommended for laying ceramic tile on concrete walls.

Key-words: Adherence, surface treatments, ceramic tile, concrete walls, adhesive mortars.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Descolamento do revestimento cerâmico interno na parede de concreto.	5
Figura 2 - Variação da retenção de água para diferentes tipos de argamassas.	9
Figura 3 – Influência do tempo em aberto na aderência com o revestimento cerâmico.....	10
Figura 4 - Eficiência do contato da argamassa colante nas interfaces em função da sua viscosidade.....	12
Figura 5 – Situações de molhabilidade em uma superfície para diferentes ângulos de contato θ , BURKATER (2006): a = superfície superhidrófila ou com alta molhabilidade $\theta = 0^\circ$; b = superfície com molhabilidade parcial $180^\circ > \theta > 0^\circ$; c = superfície superhidrofuga ou sem molhabilidade $\theta = 180^\circ$	13
Figura 6 - Representação esquemática da aderência mecânica	14
Figura 7 - Fotomicrografia realizada com o MEV-IES na interface bloco cerâmico e argamassa com a presença de etringita [1].	15
Figura 8: Fotomicrografia realizada com o MEV na interface de piso antigo e argamassa colante (sistema de assentamento de piso sobre piso) com aderência química	16
Figura 9 - Aspectos da superfície de concreto após tratamento superficial	24
Figura 10 - Lavadora de alta pressão utilizada nos tratamentos superficiais.	26
Figura 11 - Lavagem com hidrojateamento	27
Figura 12 - Lixadeira mecânica com disco rebolo para concreto.....	27
Figura 13 - Lixamento mecânico seguido de hidrojateamento.....	28
Figura 14 - Escovação manual com detergente seguida de hidrojateamento.....	29
Figura 15 - Escova utilizada no tratamento (antes e depois).....	29
Figura 16 - Tubos de Karsten fixados na parede.....	30
Figura 17 - Enchimento do tubo de Karsten com auxílio da pisseta.	31
Figura 18 - Perfilômetro óptico 3D (NewView 7300, Zygo Corporation, Connecticut, EUA). 32	
Figura 19 - Determinação da rugosidade média.....	33
Figura 20 - Microscópio digital com aumento de até 1600x.....	33

Figura 21 - Cerâmicas assentadas em obra para ensaio de resistência de aderência.	34
Figura 22 - Equipamento utilizado para o teste de arrancamento.....	35
Figura 23 – Imagens com escala de 1 mm das superfícies tratadas.	37
Figura 24 - Imagens com escala de 0,5 mm das superfícies tratadas.	39
Figura 25 – Imagens registradas no perfilômetro óptico.....	40
Figura 26 - Extensão de aderência na interface concreto (cinza claro) e argamassa colante ACI (cinza escuro).	49
Figura 27 - Extensão de aderência na interface concreto (cinza claro) e argamassa colante ACII (cinza escuro).	50
Figura 28 - Extensão de aderência na interface concreto (cinza claro) e argamassa colante ACIII (cinza escuro).	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição das argamassas colantes.	7
Tabela 2 - Situações verificadas no ensaio de resistência à tração	34
Tabela 3 - Rugosidade média dos superfícies analisadas.	39
Tabela 4 - Coeficiente de absorção de água das superfícies analisadas	42
Tabela 5 - Resultados individuais do ensaio de resistência à aderência (MPa).	43
Tabela 6 - Valores percentuais médios de ruptura	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Relação entre resistência à compressão do concreto e sua porosidade.	19
Gráfico 2 - Relação entre resistência de aderência do chapisco aplicado em concretos com resistência à compressão e absorção distintas.	19
Gráfico 3 - Absorção de água nas superfícies analisadas Massa de água absorvida (g) x Tempo (min): (a) sem tratamento - ST; (b) hidrojateada - H; (c) escovada manualmente com detergente e hidrojateada - EMDH; (d) lixada mecanicamente e hidrojateada - LMH.	41
Gráfico 4 - Média da absorção de água das superfícies analisadas ao longo do tempo	42
Gráfico 5 - Média dos resultados do ensaio de resistência à aderência aos 28 dias de todas as situações analisadas.	44
Gráfico 6 - Tipos de rupturas ocorridas nas situações analisadas.	46

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Absorção de água aos 120 minutos.....	32
Equação 2 – Resistência de aderência à tração.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACI – Argamassa colante tipo I
ACII – Argamassa colante tipo II
ACIII – Argamassa colante tipo III
CAA – Concreto Auto-adensável
CCV – Concreto convencional
CP – Corpo de prova
EDS – Espectometria por dispersão de energia
EMDH – Escovação manual com detergente e hidrojateado
H – Hidrojateamento
HEC – Hidroxietilcelulose
HEMC – Hidroxietilmetilcelulose
HPMC – Hidroxipropilmetilcelulose
INSA – Institut National des Sciences Appliquées
LMH – Lixamento manual e hidrojateamento
MC – Metilcelulose
MCMV – Minha Casa Minha Vida
MEV – Microscópio eletrônico de varredura
NBR – Norma Brasileira
PC – Paredes de concreto
ST – Sem tratamento
UR – Umidade relativa

LISTA DE SÍMBOLOS

- f_{ck} - Resistência característica à compressão do concreto
- C_{abs}^{120min} - Coeficiente de absorção de água aos 120 minutos
- A_{bp} - Massa de água absorvida
- $A_{contato}$ - Área de contato do tubo com a superfície
- y_i - Ordenada de afastamento
- L_m - Linha média de medição
- R_a - Rugosidade média
- R_z - Rugosidade média na dimensão
- R_q - Rugosidade média quadrática
- R_a - Resistência de aderência à tração (MPa)
- P - Carga de ruptura (N)
- a - Área da pastilha metálica (mm²)
- θ - Ângulo de contato

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE GRÁFICOS.....	xiii
LISTA DE EQUAÇÕES	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xivv
LISTA DE SÍMBOLOS	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Considerações iniciais	1
1.2 Objetivos	3
1.3 Limitação da pesquisa	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Sistema construtivo paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>	4
2.1.1 Ascensão e pesquisas sobre o sistema construtivo	4
2.1.2 Características do sistema construtivo.....	5
2.2 Argamassa colante.....	7
2.2.1 Retenção de água	8
2.2.2 Tempo em aberto	9
2.2.3 Adesão inicial	11
2.2.4 Aderência	13
2.2.4.1 Aderência mecânica	14
2.2.4.2 Aderência química.....	15
2.3 Aspectos do concreto que influenciam na aderência com a argamassa	16
2.3.1 Rugosidade superficial	16
2.3.2 Porosidade e absorção de água	17
2.3.3 Resistência mecânica.....	18

2.3.4	Impregnação do desmoldante	20
2.4	influência do tratamento superficial na aderência do revestimento cerâmico com a parede de concreto	21
2.4.1	Preparação da superfície.....	21
2.4.1.1	Tipos de tratamentos superficiais	22
3.	PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	25
3.1	Considerações Iniciais	25
3.2	Materiais	25
3.3	Tratamentos superficiais	25
3.3.1	Lavagem por hidrojateamento	26
3.3.2	Lixamento mecânico e hidrojateamento.....	27
3.3.3	Escovação manual e lavagem com detergente e hidrojateamento	28
3.4	Ensaios.....	30
3.4.1	Permeabilidade à água.....	30
3.4.2	Rugosidade superficial	32
3.4.3	Análise das características da superfície	33
3.4.4	Resistência de aderência à tração.....	33
3.4.5	Análise da extensão de aderência	36
4.	RESULTADOS	37
4.1	Análise da superfície	37
4.1.1	Microscopia ótica.....	37
4.1.2	Rugosidade superficial	39
4.1.3	Permeabilidade à água.....	41
4.2	Aderência à tração.....	43
4.2.1	Resistência de aderência à tração.....	43
4.2.2	Análise dos tipos de ruptura	45
4.3	Análise da extensão de aderência.....	48
5.	CONCLUSÃO	52

REFERÊNCIAS 54

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A parede de concreto moldada *in loco* destacou-se na indústria da construção civil por construir empreendimentos em larga escala e em um curto prazo. O sistema é caracterizado por permitir a aplicação dos revestimentos diretamente na estrutura. As placas cerâmicas, por exemplo, são assentadas com argamassa colante sem a necessidade de execução de chapisco e emboço, como praticado em outros métodos construtivos (MISURELLI e MASSUDA, 2009). Entretanto, muitos empreendimentos apresentaram manifestações patológicas por falta de aderência da argamassa colante e a parede de concreto moldada *in loco*.

Manifestações patológicas associadas à falta de aderência do revestimento cerâmico aplicado em paredes internas tem sido um dos problemas técnicos mais graves vividos pelo setor da construção civil nos últimos anos. O deslocamento cerâmico tem ocorrido em quase todo o território nacional nos últimos anos e em 81,4% dos casos, o problema surgiu até o segundo ano após a sua aplicação (SINDUSCON-SP, 2016).

Diversos fatores podem ser relacionados à essa falta de aderência. A ABNT NBR 13528:2010 define aderência como a propriedade do revestimento que corresponde à capacidade de resistir às tensões atuantes na interface com o substrato. Para a verificação da aderência não se pode avaliar somente as propriedades dos materiais constituintes, mas sim a interação entre as diversas camadas. Kazmierczak, Brezezinski e Collatto (2009) e Carasek (1997) afirmam que o mecanismo da aderência está diretamente ligado ao tipo de substrato, tipo de argamassa e o teor de umidade do substrato.

Petit e Wirquin (2012) afirmam que para alcançar as propriedades adesivas necessárias e melhorar a aderência dos revestimentos, aditivos poliméricos e celulósicos são adicionadas nas formulações das argamassas. Esses aditivos são capazes de influenciar nas características das argamassas como: tempo em aberto, retenção de água, adesão inicial, aderência química e mecânica, além de outras propriedades que interferem diretamente no desempenho final do revestimento.

Particularidades dos substratos, como porosidade, rugosidade e presença de sujidades na superfície influenciam diretamente no desempenho dos revestimentos. Silva, Pontes e Silva (2017), Carasek (1996) afirmam que os poros presentes nos substratos propiciam a ocorrência da aderência mecânica. Isso ocorre devido a migração da água de amassamento para os poros da superfície, onde são formados produtos químicos da hidratação do cimento capazes de maximizar a aderência do revestimento. Por outro lado, Pereira, Silva e Costa (2013), verificaram que em substratos pouco porosos a aderência realiza-se de maneira química e que quanto maior for a superfície de contato na interface, melhor será a aderência do revestimento. Esse aumento da superfície de contato pode ser alcançado através de tratamentos superficiais previamente realizados, com objetivo de aumentar a rugosidade do substrato.

A preparação da base, além de contribuir para aumentar a rugosidade do substrato, retira também as impurezas presentes no substrato (como por exemplo o óleo desmoldante nas estruturas de concreto) e conseqüentemente regulariza a absorção de água na superfície. Abbate (2003) explica que o desmoldante é o produto utilizado para facilitar o serviço de desforma, pois cria uma película fina e oleosa entre as formas e o concreto que impossibilita a ancoragem entre ambos. Contudo, essa película de óleo após a desforma, fica impregnada no concreto fazendo com que o desmoldante presente na superfície e nos poros do substrato exerça ação hidrofugante, aumentando a tensão superficial e prejudicando dessa forma, a aderência do revestimento.

Em diversos estudos, como Fiorito (2009); Candia e Franco (1998), os pesquisadores concluíram que a execução do chapisco é essencial para alcançar um bom mecanismo de aderência entre a argamassa e a base de concreto. Entretanto, atualmente no setor da construção civil, tem sido cada vez mais incorporado o sistema construtivo paredes de concreto moldadas *in loco*, principalmente após a publicação da ABNT NBR 16055:2012. Segundo Santos (2017), representante da Associação Brasileira de Cimento Portland em Goiás, o sistema construtivo já respondia por 52% das unidades em construção e em projeto do Programa Minha Casa Minha Vida.

Diante desse cenário, essa pesquisa objetiva analisar práticas eficientes quanto à escolha de argamassa e tratamentos superficiais apropriados para otimizar a aderência entre o revestimento cerâmico e a parede de concreto moldada *in loco*.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral da pesquisa é avaliar a aderência do revestimento cerâmico aplicado com diferentes tipos de argamassas colantes industrializadas em parede de concreto moldada *in loco* submetida à distintos tratamentos superficiais. Para alcançar este objetivo, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar o substrato quanto sucção e rugosidade em função do processo de tratamento;
- Analisar a resistência e extensão de aderência à tração de revestimentos aplicados com distintas argamassas colantes;
- Avaliar a resistência e extensão de aderência à tração de revestimentos em diferentes condições de tratamento do substrato;

1.3 LIMITAÇÃO DA PESQUISA

As análises propostas nesta pesquisa serão limitadas para interface argamassa colante e parede de concreto moldada *in loco*. Serão realizados apenas três tratamentos superficiais na base, sendo eles: hidrojateamento (LH), escovação manual com detergente e hidrojateamento (EMDH) e lixamento mecânico e hidrojateamento (LMH).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMA CONSTRUTIVO PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO*

2.1.1 Ascensão e pesquisas sobre o sistema construtivo

Para atender a demanda habitacional de países da América Latina, o sistema construtivo paredes de concreto moldadas *in loco* tem se tornado a opção preferencial entre diversas construtoras. Essa preferência pelo sistema ocorre devido a velocidade de construção que utiliza formas industriais, em uma sequência precisa de moldagem-desforma, além da disponibilidade de materiais na maior parte desses países (CARRILLO; ALCOCER, 2013).

Nas últimas duas décadas, países latino-americanos como o México, Peru, Colômbia e Chile aumentaram a construção de *low-rise* (edificações de um a três andares) e com baixo custo de habitação. O principal efeito dessa tendência foi mudar a construção tradicional de casas de alvenaria por uma construção mais industrializada de casas construídas com paredes de concreto (PC). O método tradicional de construção de moradias dificultava a possibilidade de atingir a meta de casas fornecidas por ano, devido à baixa produtividade do sistema construtivo (CARRILLO; VARGAS; SÁNCHEZ, 2018). Entre as vantagens do processo industrializado podem ser relacionadas: a construção acelerada, redução da mão de obra, aumento de qualidade do acabamento, construção sustentável e redução do custo final (CARRILLO; ALCOCER, 2012).

Devido essa notória disseminação e aplicação do sistema construtivo PC em diversos países, são muitos os estudos recentes relacionados à técnica construtiva, como por exemplo Carrillo e Alcocer (2013), Sorgato *et al.*, (2014), Carvalho (2012), Vieira (2014), além de Guan, Cooper e Lee (2010). Mesomo (2018), por sua vez, realizou uma pesquisa sobre as manifestações patológicas ocorridas em obras de paredes de concreto moldadas *in loco*. O autor relacionou algumas ocorrências como: fissuras, falha de concretagem, problemas com instalações elétricas, hidráulicas e de impermeabilização, além do descolamento do revestimento cerâmico interno, conforme ilustrado na Figura 1. Foi constatado pelo autor que o deslocamento ocorria devido a falta de aderência entre a parede de concreto e a argamassa colante. Essa manifestação patológica pode ser associada

ao método escolhido para realizar o tratamento no substrato, ao tipo de argamassa empregada para fixar as placas cerâmicas ou ainda ao processo de execução do serviço de assentamento do revestimento.



Figura 1- Descolamento do revestimento cerâmico interno na parede de concreto.
Fonte: MASONE (2018).

2.1.2 Características do sistema construtivo

O sistema construtivo PC é uma técnica que consiste na produção simultânea da vedação e estrutura em um único elemento e que em geral são compostos de lajes maciças de concreto armado, sendo as paredes moldadas no local com formas removíveis (BRAGUIM, 2013).

O ciclo de execução da PC consiste na montagem das telas de aço, posicionamento das tubulações elétricas e em alguns casos hidráulicas, desforma da estrutura concretada no ciclo anterior e montagem das formas, seguida da concretagem. Por apresentar alto valor de investimento inicial com aquisição das formas, a PC viabiliza-se a partir da larga escala, velocidade, padronização e planejamento sistêmico (ABCP, 2007).

A NBR 16055 (ABNT, 2012) não estabelece qual o tipo de concreto deve ser aplicado em obras de PC, entretanto preconiza algumas particularidades:

- I. a resistência à compressão para desforma compatível com o ciclo de concretagem;
- II. resistência à compressão característica aos 28 dias (f_{ck});
- III. a classe de agressividade do local de implantação da estrutura conforme a ABNT NBR 12655;

IV. a trabalhabilidade deve ser medida pelo abatimento do tronco de cone (ABNT NBR NM 67:1998) ou pelo espalhamento do concreto (ABNT NBR 15823-2:2017).

Apesar de não serem especificadas mais características para o tipo de concreto MISURELLI e MASSUDA (2009) afirmam que no Brasil quatro tipos são recomendados para o sistema construtivo, sendo eles: concreto celular, concreto com elevado teor de ar incorporado - até 9%, concreto com agregados leves ou com baixa massa específica e o concreto convencional (CCV) ou concreto autoadensável (CAA). O CAA tem sido utilizado com maior frequência em obras de PC por diversas construtoras. Essa preferência pode ser explicada devido ao CAA apresentar capacidade de preencher formas com áreas menores e de difíceis acessos sem a necessidade de vibrações internas ou externas. O CAA é um tipo especial de concreto com excelentes propriedades reológicas, maior resistência à segregação, que apresenta a capacidade de reduzir o período de construção e o custo de mão-de-obra, além de proporcionar um melhor ambiente de trabalho, eliminando a vibração e o ruído durante a concretagem (ZHAO *et. al.*, 2015).

No que diz respeito aos indicadores de durabilidade, o CAA geralmente mostram valores mais baixos de porosidade na superfície e de absorção em comparação com os CCV. A absorção, que é um parâmetro fundamental que controla o transporte de líquidos em materiais porosos e, portanto, a durabilidade das estruturas, mostra-se ser pelo menos 30% menor em concretos auto-adensáveis (KANELLOPOULOS, PETROU e IOANNOU, 2012).

Apesar de ser uma característica positiva para a estrutura, a baixa porosidade interfere de forma negativa na aderência dos revestimentos, propriedade responsável pelo desempenho e durabilidade do sistema. Segundo Misurelli e Massuda (2009), a redução das camadas de revestimento é uma das principais características do sistema construtivo paredes de concreto. Os autores afirmam que após a desforma, as paredes já estão niveladas, aprumadas e exibem uma superfície apta para receber o revestimento cerâmico, ao contrário dos outros sistemas construtivos convencionais que necessitam das camadas de chapisco e emboço para aplicação das placas cerâmicas. Contudo é importante ressaltar que apesar do revestimento poder ser aplicado diretamente na PC, é imprescindível executar o preparo da base, com o objetivo de melhorar o desempenho, durabilidade e

minimizar manifestações patológicas provenientes da falta de aderência das camadas de revestimento (OLIVEIRA, 2018).

2.2 ARGAMASSA COLANTE

As argamassas colantes são produtos cimentícios que atuam como um adesivo para assentamento de revestimentos em pisos e paredes e são compostos de areia natural ou artificial, ligantes (cimento) e aditivos químicos (KUDO, CARDOSO e PILEGGI, 2013).

Para alcançar as propriedades adesivas necessárias e melhorar a aderência dos revestimentos, aditivos poliméricos são adicionados à formulação da argamassa. Quando misturado com água, o polímero redispersa e forma filmes na matriz de cimento, o que aumenta potencialmente as propriedades mecânicas das argamassas cimentícias. Outro aditivo que é comumente introduzido em formulações das argamassas colantes industrializadas são os éteres de celulose. Esses derivados de celulose são moléculas que melhoram a retenção de água e a trabalhabilidade do material fresco. Entre a grande variedade de éteres de celulose existentes, quatro tipos são mais utilizados na fabricação de argamassas: metilcelulose (MC), hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), hidroxietilmetilcelulose (HEMC) e hidroxietilcelulose (HEC) (PETIT e WIRQUIN, 2012).

A Tabela 1 apresenta a composição das argamassas colantes industrializadas mais utilizadas no mercado da construção civil no Brasil. É possível analisar que as argamassas se diferenciam nas quantidades de cimento, areia fina e aditivos celulósicos e poliméricos presentes na formulação.

Tabela 1 - Composição das argamassas colantes.

Matérias Primas	Tipos de argamassas colantes		
	ACI	ACII	ACIII
Cimento	20%	23%	28%
Areia fina	79,80%	75,77%	69,92%
Celulósico	0,20%	0,23%	0,28%
Polímero	0,00%	1,00%	1,80%

Fonte: Vitorino (2013)

A ABNT NBR 14081:2012 ressalta que a ACI apresenta particularidades específicas às solicitações de resistência mecânica e termo-higrométrica de revestimentos internos, com exceção dos ambientes com solicitação de alto desempenho e alta temperatura, como por exemplo as saunas, churrasqueiras, estufas e outros revestimentos especiais. A ACI é apropriada para aderir peças com absorção superior a 0,5%. A ACII, segundo a norma, apresenta características de adesividade que possibilitam a absorção de esforços existentes em revestimentos de pisos e paredes internos e externos submetidos aos ciclos de variação termo-higrométrica e à ação do vento. Já a ACIII possui aderência superior em relação às argamassas tipo I e II e apresenta capacidade de aderir revestimentos de baixa absorção ($< 0,5\%$), que necessitam alto desempenho de adesão e flexibilidade.

Além disso a norma apresenta outras duas classes - tipo E e D - que apresentam as mesmas características das argamassas ACI, ACII e ACIII, porém com tempo em aberto estendido e com deslizamento reduzido, respectivamente.

2.2.1 Retenção de água

A retenção de água é a propriedade responsável por manter a consistência das argamassas, mesmo em situações propícias à perda de água. A presença de água é fundamental para o comportamento reológico das argamassas, por possuir influência direta no desempenho em seu estado fresco, como por exemplo na trabalhabilidade e viscosidade (CINCOTTO, SILVA e CARASEK, 1995). Além disso, a presença de água nas argamassas é fundamental para que ocorra o transporte de produtos da hidratação do cimento para os poros do substrato, favorecendo a ancoragem mecânica entre a argamassa e a base, possuindo assim papel fundamental no desempenho das argamassas também em seu estado endurecido (CARASEK, CASCUDO e SCARTEZINI, 2001).

Segundo Póvoas (2005), no caso das argamassas colantes, a retenção de água influencia no desempenho do revestimento cerâmico, uma vez que a adesão das placas cerâmicas é prejudicada pela perda de água por sucção do substrato ou também pelo desenvolvimento de “película” nos cordões da argamassa, película esta que é originada da perda de água por evaporação na superfície do cordão.

A capacidade de retenção de água de uma argamassa é, portanto, uma característica importante para escolha de uma formulação apropriada em função do

tipo do substrato, condições climáticas e tipos de revestimentos que serão aplicados (LAETITIA *et.al.*, 2010).

A retenção de água é influenciada pela composição das argamassas, conforme esquema ilustrado na Figura 2.

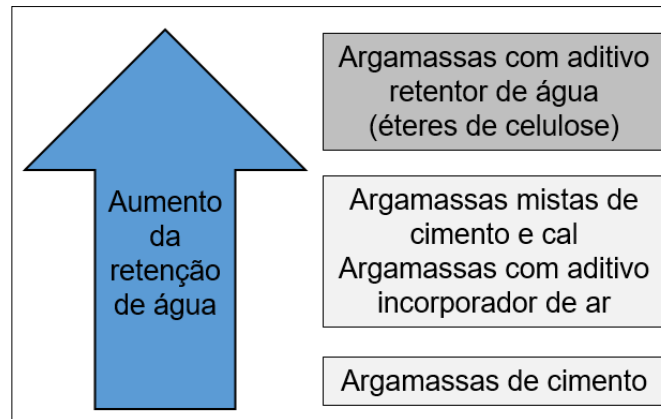


Figura 2 - Variação da retenção de água para diferentes tipos de argamassas.
Fonte: Carasek (2007)

2.2.2 Tempo em aberto

O tempo em aberto é compreendido como o período entre o espalhamento da argamassa colante e o assentamento das placas cerâmicas. A resistência de aderência do revestimento cerâmico pode ser relacionado diretamente com o tempo em aberto das argamassas (PÓVOAS e JHON, 2000). A redução de aderência é influenciada pela perda de água, tanto por absorção realizada pelo substrato, quanto pela evaporação de água para o meio ambiente (PÓVOAS, JOHN e CINCOTTO, 2001).

No estudo realizado por Póvoas e Jhon (2000) foi constatado uma correlação linear entre a resistência de aderência e o tempo decorrido entre o espalhamento e o assentamento das placas cerâmicas. A regressão linear permitiu estimar com sucesso o tempo em aberto ideal para a argamassa analisada. Além disso, através da correlação os autores concluíram que o tempo em aberto é controlado por dois fatores: resistência inicial e taxa de velocidade de perda de resistência.

Quando a argamassa colante ultrapassa o tempo em aberto ideal, inicia-se a formação da película. A película é uma fina camada formada na superfície dos cordões da argamassa, e que em função da evaporação de água para o meio

ambiente, apresenta aspecto mais seco. Essa camada fina pode influenciar diretamente na força de adesão do revestimento cerâmico (BÜHLER et. al.,2013).

Segundo Bühler *et al.*, (2013), essa película pode ser formada de maneira muito simples. Ao se abrir panos de argamassa de 1 a 2 m² para assentamento das placas cerâmicas, as últimas peças podem ser assentadas decorridos 10 ou 15 minutos desde o espalhamento. Os autores explicam que durante este tempo de exposição e com temperaturas elevadas, é possível que a superfície da argamassa fique mais seca. Além disso, recomendam que um simples teste com os dedos pode diagnosticar se as placas cerâmicas podem ser aplicadas, se o dedo não sujar ao pressionar os cordões da argamassa, é necessário aplicar a argamassa novamente.

A Figura 3 apresenta os resultados do estudo realizado por Bühler *et al.*, (2013). O estudo, realizado de acordo com a norma europeia EN 1346, avaliou a aderência do revestimento cerâmico com tempo em aberto de 5, 10, 20 e 30 minutos e em duas condições climáticas: 23°C com 50% de UR e 5°C com 80% de UR. Em ambas as condições, a resistência de aderência e área de contato diminuem com o aumento do tempo em aberto. Contudo a temperatura mais baixa e UR maior, aumenta significativamente a superfície de contato e a resistência de aderência do revestimento.

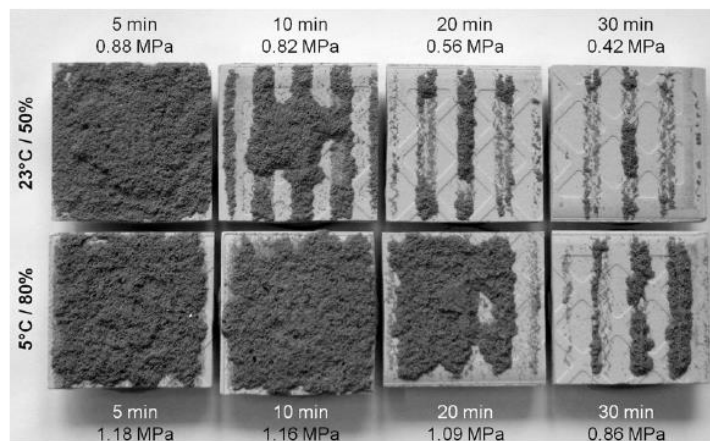


Figura 3 – Influência do tempo em aberto na aderência com o revestimento cerâmico
Fonte: BÜHLER *et al.*, 2013

Constata-se que as condições climáticas têm uma forte influência na taxa de formação da película, sendo que quanto menor a temperatura e maior a umidade, mais lenta é a formação da película. Silva (2003) salienta que é necessário fazer um

estudo prévio das características climáticas da região em que será aplicado o revestimento, com objetivo de minimizar os efeitos das manifestações patológicas.

2.2.3 Adesão inicial

Adesão inicial é a propriedade da argamassa, ainda em seu estado fresco, que a permite manter-se unida à base após o lançamento, através da penetração da pasta nos poros, reentrâncias e saliências do substrato. A adesão se desenvolve através da soma das interações intermoleculares que acontecem na interface entre as camadas, cujo o somatório é uma força de atração resultante entre as moléculas distintas. Essas forças que permitem o trabalho da adesão da argamassa colante são: força capilar, de van der Waals e eletrostática (CARASEK, 1996; PÓVOAS, 2005; PEREIRA, 2012).

A aplicação da argamassa colante ocorre no estado fresco, antes ainda do início da pega do cimento. Constata-se então, que suas características neste estado fluido exercem grande influência tanto na adesão inicial, quanto no desempenho final endurecido (COSTA, CINCOTTO e PILEGGI, 2005). O comportamento ideal da viscosidade, por exemplo, possibilita que a argamassa colante preencha as deformidades do substrato e simultaneamente proporciona cordões bem formados, que ao entrarem em contato com a placa cerâmica alcance uma boa área de contato com o tardo da peça (PEREIRA, 2012).

A viscosidade pode ser associada à facilidade de escoamento da argamassa, propiciando a facilidade de seu espalhamento e penetração nas rugosidades do substrato, conforme demonstrado na Figura 4 (COSTA, CINCOTTO e PILEGGI, 2005).

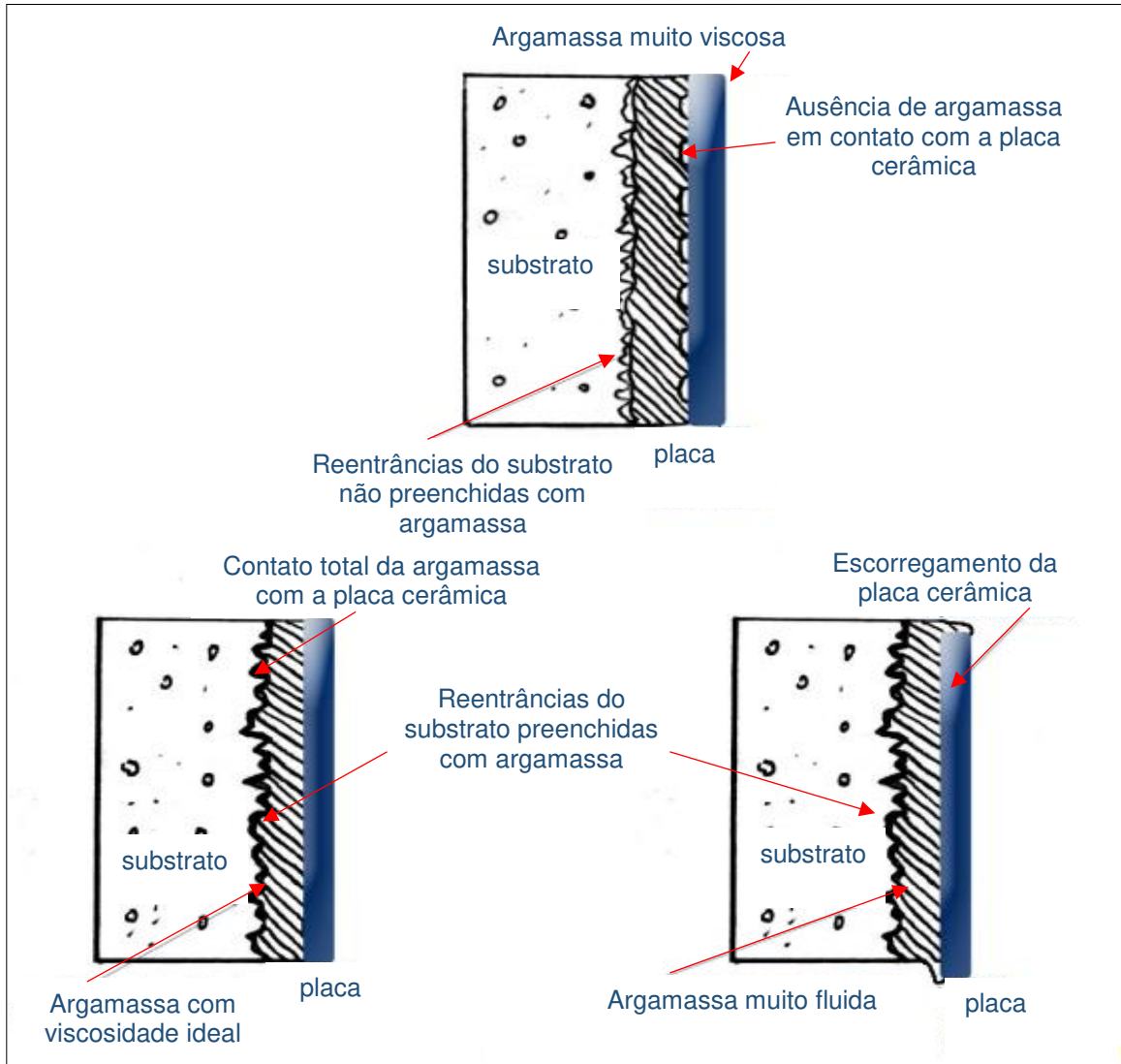


Figura 4 - Eficiência do contato da argamassa colante nas interfaces em função da sua viscosidade. Fonte: COSTA, CINCOTTO e PILEGGI, 2005.

Bellei (2016) afirma que quanto menor for a tensão superficial do substrato, menor será o ângulo de contato na interface com a argamassa colante (Figura 5) e conseqüentemente apresentará melhor molhabilidade, aumentando assim a adesão do sistema de revestimento. Assim, tem-se que a área de contato insuficiente nas interfaces dos revestimentos cerâmicos acarreta em uma baixa adesão inicial, prejudicando a aderência final do sistema e possibilitando a ocorrência de manifestações patológicas (COSTA, 2006).

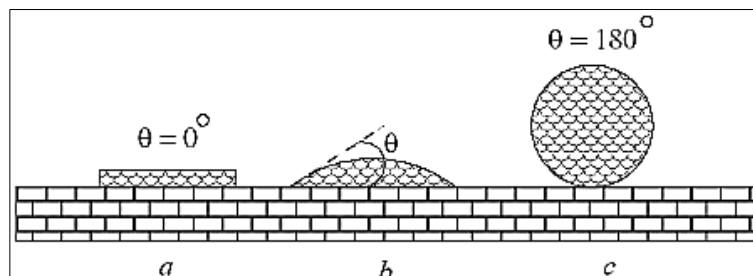


Figura 5 – Situações de molhabilidade em uma superfície para diferentes ângulos de contato θ , BURKATER (2006): a = superfície superhidrófila ou com alta molhabilidade $\theta = 0^\circ$; b = superfície com molhabilidade parcial $180^\circ > \theta > 0^\circ$; c = superfície superhidrofuga ou sem molhabilidade $\theta = 180^\circ$. Fonte: Burkarter (2006).

2.2.4 Aderência

A NBR 13528 (ABNT 2010) define aderência como a propriedade do revestimento responsável por resistir tensões normais ou tangenciais atuantes na interface com o substrato. A norma explica que a aderência não é uma propriedade exclusiva da argamassa, mas da interação entre as camadas de revestimento e por isso é necessário conhecer as características do substrato em que a argamassa será aplicada. Carasek (1996) apresenta ainda, que a aderência é resultante da conjugação de três características da interface argamassa/substrato, sendo elas: resistência de aderência à tração, a resistência de cisalhamento e a extensão de aderência.

Os fatores que desencadeiam o desenvolvimento da aderência podem ser prejudicados de forma direta e indireta. A capacidade de absorção e a estrutura de poros do substrato; a composição da argamassa, bem como a sua capacidade de retenção de água e condições de cura, são conceituados fatores diretos (aqueles que influenciam a microancoragem da argamassa e substrato). Fatores como a rugosidade do substrato e a mão de obra que executa o revestimento são conceituados como indiretos (aqueles que influenciam a macroancoragem da argamassa ao substrato) (TAHA e SHIRIVE, 2001).

Segundo PEREIRA, SILVA E COSTA (2013), a aderência pode ser classificada como mecânica obtida pelo engaste entre o substrato e a argamassa colante, ou química alcançada por meio de forças eletrostáticas de van der Waals.

2.2.4.1 Aderência mecânica

Carasek (1996) afirma que a aderência entre um substrato poroso e a argamassa ocorre através de um fenômeno mecânico. Este fenômeno acontece fundamentalmente por meio da migração da pasta de cimento, presente nas argamassas, para os poros do substrato, conforme ilustrado na Figura 6. A água de amassamento ao hidratar-se nos poros produz hidróxidos e silicatos que promovem a ancoragem do revestimento.

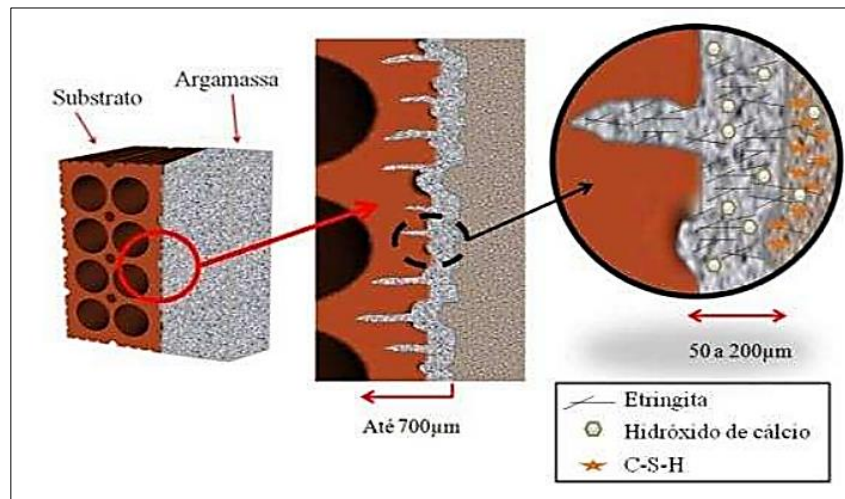


Figura 6 - Representação esquemática da aderência mecânica
Fonte: PEREIRA (2012)

Carasek (1996) identificou, através de análises executadas com auxílio do microscópio eletrônico de varredura (MEV), a morfologia e natureza dos produtos formados na interface de sistemas de revestimentos e afirmou ser o intertravamento de cristais de etringita ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$ – trissulfoaluminato de cálcio hidratado: um dos produtos da hidratação do cimento) nos poros do substrato o principal responsável pela resistência de aderência. Constata-se dessa forma que a porosidade e permeabilidade do substrato desempenha influência significativa na aderência mecânica de revestimentos cerâmicos aos substratos. A Figura 7 ilustra a morfologia de cristais de etringita.

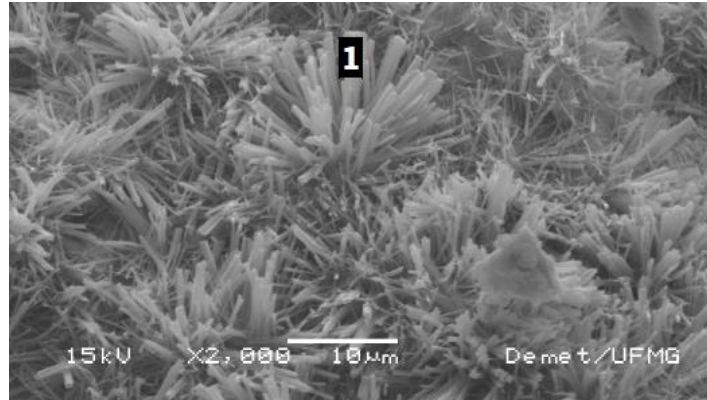


Figura 7 - Fotomicrografia realizada com o MEV-IES na interface bloco cerâmico e argamassa com a presença de etringita [1].
Fonte: CARVALHO Jr (2005)

2.2.4.2 Aderência química

Além da aderência pelo fenômeno mecânico, a união entre a argamassa colante e o substrato pode ocorrer por influência de fenômenos químicos, por meio da atração das moléculas pelas forças elétricas de van der Waals. As ligações de van der Waals são promovidas por forças intermoleculares, entre moléculas eletricamente neutras e no caso dos revestimentos, o efeito desta atração é a adsorção das moléculas de água pelo substrato. Essas forças são as responsáveis por muitos fenômenos físicos e químicos, como a adesão, o atrito e a viscosidade (GRILLO, 2010).

Mansur (2007) afirma que uma forma de reduzir o efeito de retenção de água provocado pela baixa absorção de alguns substratos é a utilização de aditivos poliméricos. Estes aditivos estão presentes nas formulações das argamassas colantes tipo II e III e possuem capacidade de formarem um filme polimérico na interface após a secagem, o que potencializa a aderência química do revestimento.

A Figura 8 apresenta uma interface em que a aderência ocorreu entre a argamassa colante e um substrato não poroso. Nesta situação pode-se observar a ausência de poros que possibilita a ancoragem mecânica. Os autores constataram que a aderência se deu através da maior superfície de contato e pela adesividade da argamassa colante (PEREIRA, SILVA e COSTA, 2013).

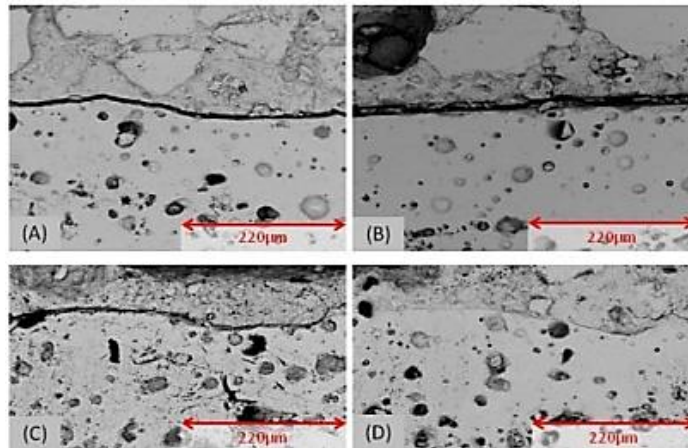


Figura 8: Fotomicrografia realizada com o MEV na interface de piso antigo e argamassa colante (sistema de assentamento de piso sobre piso) com aderência química.
Fonte: Pereira, Silva e Costa (2013)

2.3 ASPECTOS DO CONCRETO QUE INFLUENCIAM NA ADERÊNCIA COM A ARGAMASSA

2.3.1 Rugosidade superficial

Conforme já supracitado, a macroancoragem da argamassa colante pode ser promovida pela presença de rugosidade superficial no substrato. As rugosidades são basicamente pontos do substrato que possibilitam a ancoragem das argamassas. Constata-se que as superfícies rugosas possuem maior área de contato com a argamassa e propicia melhor aderência (BAUER, 2005).

Nogami (2007) afirma que para minimizar a falta de aderência em substratos pouco porosos, é imprescindível promover maior superfície de contato, favorecendo o mecanismo de ancoragem através da rugosidade dos substratos. A autora afirma que substratos com baixa ou nenhuma absorção de água, a resistência de aderência está diretamente relacionada com a área de contato superficial entre os materiais aderidos. Esse aumento de superfície de contato e rugosidade nos substratos são alcançados através dos tratamentos previamente executados em sua base.

Garbacz, Courard, Kostana (2006) citam que tratamentos mecânicos, como por exemplo o jateamento de areia e de água, são comumente utilizados para a preparação de superfícies de concreto. Como resultado, diferentes tipos de

rugosidade são obtidos. Os autores afirmam que o aumento na rugosidade do substrato de concreto melhora a aderência entre o revestimento e a superfície.

Segundo Santos, Julio e Silva (2007) , a rugosidade é geralmente avaliada de maneira qualitativa e pode ser classificada desde muito suave até muito áspero. Entretanto Pretto (2007) cita diversas técnicas que consistem em avaliar quantitativamente a rugosidade superficial de substratos de concreto, como por exemplo: perfilometria ótica, perfilometria de contato mecânico e microscopia de força atômica.

2.3.2 Porosidade e absorção de água

Existe um consenso entre os pesquisadores que a porosidade e a absorção de água do substrato são propriedades estritamente relacionadas, uma vez que a migração de água para o interior da base é realizada pelos poros existentes na superfície. Segundo PAES, BAUER e CARASEK (2005), as características superficiais do substrato, assim com a sua porosidade influem diretamente no transporte de água da argamassa no estado fresco para o substrato poroso. Essas características dos poros são: o diâmetro, volume, distribuição e interconectividade. A falta dessas particularidades na superfície do concreto influencia diretamente na resistência de aderência do sistema de revestimento.

Entretanto é importante ressaltar que uma quantidade inadequada de poros pode prejudicar o desempenho do revestimento, uma vez que substratos com alta porosidade podem absorver quantidade elevada da água presente nas argamassas e provocar a hidratação inadequada do cimento, ou seja, restaria uma quantidade insuficiente de água na argamassa para hidratar todo o cimento, criando dessa forma regiões frágeis e com grande potencial de ocasionar descolamento do revestimento (BREA, 2003). Já em substratos poucos porosos a baixa absorção não permite a entrada da água de amassamento que promove a ancoragem, prejudicando a aderência na interface substrato/argamassa.

Além da quantidade de poros presentes no substrato, outra característica relevante é com relação ao seu tamanho. Scartzine (2002) destaca a Teoria dos poros Ativos proposta inicialmente pelos pesquisadores do INSA (Institut National des Sciences Appliquées - França), a qual indica a distinção dos poros no sistema

argamassa/substrato conforme a sua capacidade de absorção e retenção de água. Dessa forma, são conceituados como poros ativos aqueles que apresentam força capilar suficiente para executar a sucção de água das argamassas.

Silfwerbrand e Beushausen (2006) corroboram da ideia que a porosidade do substrato de concreto tem efeito significativo na aderência com o revestimento. Zhou, Ye e Van Breugel (2016) apontam para o fato de que a estrutura dos poros na superfície do concreto possivelmente possa ser diferente da estrutura dos poros na parte mais interna do substrato, e afirmam que isso pode exercer influência significativa na aderência. Entretanto Sadowski (2017) enfatiza que ainda não se sabe se e como a estrutura dos poros (a fração e o número de poros, sua esfericidade e diâmetro) se altera dentro do substrato, além de ainda não ser compreendido como esses aspectos podem exercer influência na aderência.

2.3.3 Resistência mecânica

Siewczynska (2008) afirma que o valor de aderência dos revestimentos aplicados em substratos de concreto depende, além de outros fatores, da resistência à compressão do concreto. Segundo Stolz (2011), isso pode ser explicado pelo fato de existir uma relação inversa entre a resistência e a porosidade de um sólido, sendo que a quantidade de vazio capilar depende da quantidade de água adicionada na mistura e do grau de hidratação do cimento.

Entende-se que a diminuição do fator água/cimento, segundo a Lei de Abrams, implica em um aumento de resistência à compressão e uma redução de porosidade capilar. Logo, quanto maior a resistência do concreto, menor será a sua porosidade e conseqüentemente maior será a dificuldade de ancoragem mecânica da argamassa em seu interior, diminuindo assim a aderência dos revestimentos aplicados em sua superfície.

Lian, Zhuge e Beecham (2011) realizaram um estudo com objetivo de estabelecer uma relação quantitativa entre a porosidade e a resistência à compressão do concreto e constataram que quanto maior a resistência do concreto, menor é o percentual de poros presentes. O resultado alcançado pode ser observado no Gráfico 1.

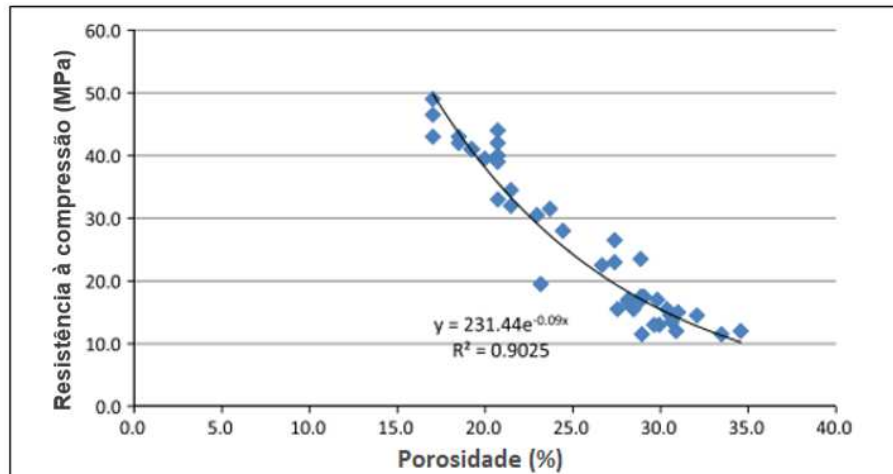


Gráfico 1 – Relação entre resistência à compressão do concreto e sua porosidade.
Fonte: Lian, Zhuge e Beecham (2011)

Becker e Andrade (2017) fizeram um estudo sobre a aderência de três tipos de chapiscos aplicados em concretos com resistências à compressão e absorção distintas (Gráfico 2). Constata-se que à medida que a resistência do concreto aumenta, a resistência de aderência do chapisco e absorção de água diminuem, logo é possível analisar que concretos com resistências à compressão elevadas apresentam condições mais favoráveis para a ocorrência de deslocamento do revestimento.

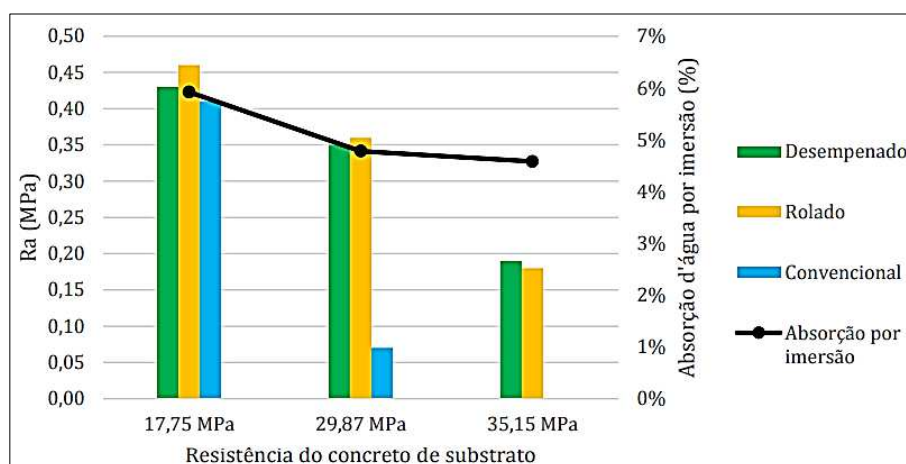


Gráfico 2 - Relação entre resistência de aderência do chapisco aplicado em concretos com resistência à compressão e absorção distintas.
Fonte: Becker e Andrade (2017)

É possível constatar que, embora os revestimentos sejam frequentemente aplicados em superfícies de concreto, as elevadas resistências do substrato e sua baixa porosidade tem resultado em inúmeros problemas de aderência. Sendo assim,

é fundamental analisar o tipo de superfície que será aplicado o revestimento, para otimizar o serviço e a escolha dos materiais com objetivo de evitar o surgimento de manifestações patológicas (NASCIMENTO *et al.*, 2005).

2.3.4 Impregnação do desmoldante

Abbate (2003) explica que os desmoldantes são produtos que otimizam o processo de desforma de estruturas de concreto, além de proporcionarem o reaproveitamento das formas. O uso de desmoldante, no caso da parede de concreto moldada *in loco*, é fundamental para garantir o rendimento do serviço de desforma e permitir desse modo, que o ciclo de concretagem ocorra regularmente.

O desmoldante auxilia no processo de desforma devido ao fato do produto criar uma película fina e oleosa entre as formas e o concreto, capaz de impossibilitar a ancoragem entre ambos. Contudo, essa película de óleo, após a desforma, fica impregnada na superfície do concreto, tornando-a hidrófuga. Por consequência disso e conforme já exposto no item 2.2.3, se o substrato estiver impregnado com produto hidrofugante, a sua tensão superficial aumenta e a capacidade de molhabilidade diminui, comprometendo assim a aderência do sistema de revestimento.

Djeal *et al.* (2010) avaliaram a diferença entre desmoldantes à base de óleo mineral e vegetal aplicados para facilitar a desforma de estruturas de concreto. Os autores constataram que a película deixada pelo óleo vegetal no substrato de concreto apresentou maior espessura que o resíduo deixado pelo óleo de origem vegetal, o que maximiza o risco de problemas de descolamento do revestimento.

Carasek, Cascuso e Jucá (2005) constataram em uma pesquisa realizada em nove obras, que a utilização de desmoldante à base de óleo em estruturas de concreto, muitas das vezes em concentrações elevadas e sem limpeza posterior (serviço que não era praticado pelas obras analisadas) é considerado um motivo admissível para ocorrência do descolamento do revestimento.

Pretto (2007) constatou influência negativa do uso de desmoldantes na resistência de aderência das argamassas com a superfície de concreto, principalmente em substratos com menor resistência e conseqüentemente maior porosidade. Foi analisado que quando o desmoldante não é removido da superfície, o desempenho do revestimento pode ser prejudicado por falta de ancoragem da argamassa à base. Segundo Pretto (2007) e Carvalho Jr (2005), os detergentes são

exemplos de produtos químicos que podem ser utilizados para limpeza de substratos de concreto e que por serem tensoativos, reduzem a tensão superficial devido às suas moléculas possuírem cabeça hidrofílica (afinidade com água) e cauda hidrofóbica (pouca afinidade com água e muito afinidade com óleos e gorduras) (FERNANDEZ, 2008). Desse modo, a primeira adere às moléculas de água e a segunda às gorduras, como por exemplo, o desmoldante presente na superfície do concreto.

Resalta-se que a base deve ser saturada com água previamente ao procedimento de limpeza com utilização de produtos químicos, bem como lavada abundantemente com água pressurizada (hidrojateamento) para remover completamente os produtos aplicados (CARVALHO Jr, 2005).

A técnica para remover o desmoldante geralmente é realizada com lavagem ou escovação com água e sabão, ou apicoamento, para aumentar a rugosidade e a absorção da água da superfície do concreto. Porém, devido à dificuldade desses procedimentos, a remoção do desmoldante não é realizada na maioria das obras (ASSALI e LOH, 2011).

2.4 INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO SUPERFICIAL NA ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO CERÂMICO COM A PAREDE DE CONCRETO

2.4.1 Preparação da superfície

Para Garbacz, Górká e Courard (2005), o propósito de realizar o tratamento da superfície de concreto é remover qualquer tipo de camada que cause uma diminuição na aderência, bem como permitir maior área de contato da superfície aumentando a rugosidade do substrato.

As condições de limpeza da superfície são significativas para que haja um bom desempenho do revestimento. É essencial que se verifique a presença de desmoldante em superfícies de concreto, além disso, deve-se analisar a impermeabilidade e rugosidade, pois estes são os principais fatores que podem comprometer a falta de aderência entre o revestimento e substratos de concreto (CEOTTO *et al.*, 2005).

A norma europeia EN 1504-10:2003 recomenda requisitos mínimos para a preparação de substratos de concreto e estabelece que a superfície deve ser compacta, seca, coesiva e livre de poeira, óleos ou hidrocarbonetos.

Segundo Carvalho Jr (2005), para remover a película de desmoldante impregnada na superfície de concreto, a técnica recomendada é a limpeza com utilização de escovas com cerdas de aço, detergente e hidrojateamento. O autor recomenda ainda que todos os pregos e arames que porventura tenham sido deixados pelas fôrmas devem ser retirados ou cortados e tratados com zarcão de boa qualidade.

Carasek, Cascudo e Jucá (2005) realizaram um estudo sobre os principais fatores que promoveram o descolamento de revestimentos aplicados em substratos de concreto. Através dos resultados obtidos com auxílio de questionários e testes de aderência, os autores verificaram que a baixa aderência alcançada pelo revestimento estava relacionada com falta de limpeza do substrato.

Dependendo das condições específicas de cada substrato, o preparo da superfície pode ser obtido após o lixamento, escovação, hidrojateamento, apicoamento, além de outros procedimentos existentes. A técnica escolhida e a forma de execução possibilitam diversas condições da base (PRETTO, 2007).

2.4.1.1 Tipos de tratamentos superficiais

Segundo Pretto (2007), a baixa porosidade e superfície lisa dos substratos de concreto, associadas à impregnação do desmoldante na base, tem como resultado a necessidade de tratamentos superficiais específicos e de maior agressividade. Esses tratamentos devem garantir a limpeza do desmoldante e formação de rugosidade na superfície do concreto. A preparação da superfície pode ser realizada por meio da lavagem por hidrojateamento com ou sem utilização de produtos químicos, escovação, lixamento, apicoamento, entre outros tratamentos alternativos.

A escovação pode ser realizada manualmente com auxílio de escovas de cerdas de aço, sendo mais indicada para regiões de pequenas dimensões. Já a escovação mecânica apresenta maior produtividade, porém é necessário ter o cuidado de não polir a base e provocar efeito contrário do esperado, que é a de criar rugosidade. Recomenda-se a lavagem por hidrojateamento da superfície de

concreto após a escovação, para eliminar a poeira gerada pelo tratamento e abrir os poros da superfície (PRETTO, 2007).

Outra técnica comumente utilizada para o preparo do substrato é o lixamento, que também pode ser realizado de maneira manual ou mecanicamente. O lixamento manual é um procedimento muito simples, porém o rendimento é baixo. O preparo superficial consiste em esfregar vigorosamente a superfície em movimentos circulares até obter uma superfície rugosa, com o auxílio de uma lixa d'água para concreto (MASUERO, 1993). O lixamento mecânico possui maior produtividade e é executado com auxílio da lixadeira com disco diamantado próprio para concreto (PRETTO, 2007).

O apicoamento é outro procedimento utilizado e que consiste em criar deformidades na superfície do concreto, com o objetivo que retirar a fina camada superficial e obter uma superfície rugosa. Pode ser realizado de maneira manual com utilização de talhadeira, marreta, ponteira ou martelo; ou de forma mecânica, com auxílio do martetele. O apicoamento pode ser parcial (remoção superficial ocorre em pontos espaçados) ou realizado na totalidade da superfície (CABREDO *et al.*, 2003).

Preto (2007) analisou a influência de diversos tratamentos de substratos de concreto na aderência com a argamassa. A autora concluiu que a escovação manual, o lixamento e o apicoamento mecânico são tratamentos que proporcionaram rugosidade à superfície ao ponto de possibilitar a melhoria de aderência da argamassa. Na Figura 9 são apresentados os aspectos que as superfícies de concreto, com distintas resistências, alcançaram após terem sido tratadas pela autora.

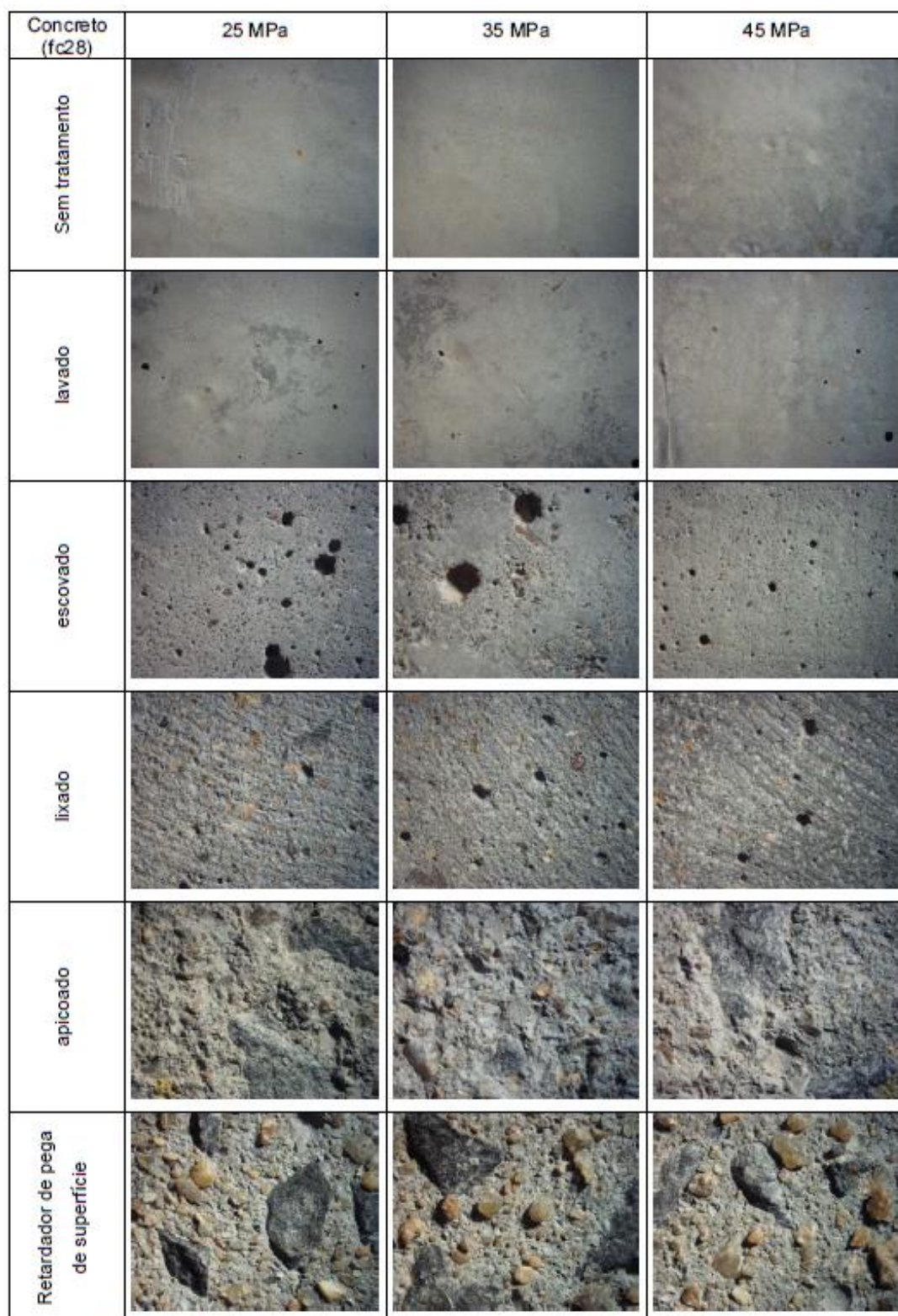


Figura 9 - Aspectos da superfície de concreto após tratamento superficial
 Fonte: Pretto (2007)

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O programa experimental tem como objetivo avaliar os materiais e procedimentos de preparo do substrato recomendados para permitir uma boa aderência entre o revestimento cerâmico e a parede de concreto moldada *in loco*. Para atingir esse objetivo, os tratamentos da base e o assentamento do revestimento cerâmico foram executados em uma obra na cidade de Contagem/MG.

Nesse capítulo serão apresentados os procedimentos, materiais e ensaios utilizados para o desenvolvimento desse estudo.

3.2 MATERIAIS

Os materiais utilizados no programa experimental são:

- a) argamassa colante tipo I, II e III. Segundo o fabricante, todas os tipos possuem em sua composição o cimento Portland, agregados minerais selecionados, além de aditivos especiais não tóxicos;
- b) cerâmica 10 x 10 cm com absorção de água entre 6 e 10% (grupo de absorção de água BIIb) com método de fabricação por via úmida;
- c) água proveniente da rede de abastecimento público da cidade de Contagem/MG.

3.3 TRATAMENTOS SUPERFICIAIS

Para alcançar os objetivos propostos, foram executados três tipos de tratamentos superficiais na parede de concreto moldada *in loco*. Todos os procedimentos foram executados com a mesma mão de obra. O tempo de execução em cada tratamento variou, visto que em alguns casos utilizou-se dois procedimentos.

3.3.1 Lavagem por hidrojateamento

O hidrojateamento foi utilizado em todas as situações de tratamento da base, sendo realizado como único tratamento em uma das situações ou como tratamento complementar aos demais propostos. O equipamento utilizado foi uma lavadora de alta pressão, com vazão de 13,6 l/min e pressão de 4000 lbs, conforme apresentado na figura 10.



Figura 10 - Lavadora de alta pressão utilizada nos tratamentos superficiais.

A lavagem foi realizada em sentido vertical, de modo que o jato de água percorresse uniformemente por toda a superfície, tomando-se o cuidado de não deixar áreas sem a limpeza.



Figura 11 - Lavagem com hidrojateamento

3.3.2 Lixamento mecânico e hidrojateamento

O lixamento foi realizado com utilização da lixadeira mecânica com disco rebolo diamantado, próprio para concreto (Figura 12).



Figura 12 - Lixadeira mecânica com disco rebolo para concreto.

O lixamento foi executado em diversas direções por toda a superfície (ver Figura 13), com o objetivo de retirar a camada superficial no concreto (nata) e criar

uma aparência rugosa na parede. Ao final do procedimento, foram verificadas regiões que não foram lixadas, repetindo a execução nessas áreas. Para finalizar o tratamento, a superfície foi lavada com jato de água para remover a poeira gerada pelo tratamento.



Figura 13 - Lixamento mecânico seguido de hidrojateamento.

3.3.3 Escovação manual e lavagem com detergente e hidrojateamento

Para execução do tratamento foi utilizado detergente neutro e escova com cerdas de aço (ver Figura 14). A superfície foi inicialmente molhada para facilitar a lavagem e em seguida foi escovada com detergente neutro. A escovação manual foi executada em todas as direções (retas e circulares) com intuito de impedir que a rugosidade fosse gerada em uma orientação apenas. Foi indicado para a mão de obra as áreas que ainda não haviam sido escovadas, para que a execução ocorresse conforme o planejado. Ao final, a superfície foi lavada de forma abundante, com objetivo de remover o detergente utilizado na limpeza.



Figura 14 - Escovação manual com detergente seguida de hidrojateamento

Foi possível analisar um grande desgaste da escova utilizada para executar a limpeza da superfície (Figura 15). Além disso, foi verificado que o tratamento executado com escovação manual apresentou maior nível de esforço e dificuldade da mão de obra, quando comparado com os outros executados.



Figura 15 - Escova utilizada no tratamento (antes e depois).

3.4 ENSAIOS

3.4.1 Permeabilidade à água

O ensaio de permeabilidade à água ou também conhecido como método dos tubos de Karsten é um ensaio que tem objetivo de analisar a absorção de uma superfície através da verificação da quantidade de água absorvida, numa dada área durante um intervalo de tempo definido. Esse ensaio é normatizado pelo CSTC NIT 224:2002, o qual permite a monitoramento da altura de coluna d'água em função do tempo, sendo possível caracterizar a absorção de água superficial ligada à sucção capilar da superfície.

O ensaio foi realizado fixando os tubos de Karsten (Figura 16) na parede com auxílio do silicone de cura acética. Em cada situação de tratamento superficial, foram fixados 3 tubos. Os tubos de Karsten são tubos de vidro, com formato de cachimbo, graduados e com cerca de 4 cm³ de capacidade. Quando fixados apresentam uma área de 5,3 cm² em contato direto com a superfície.

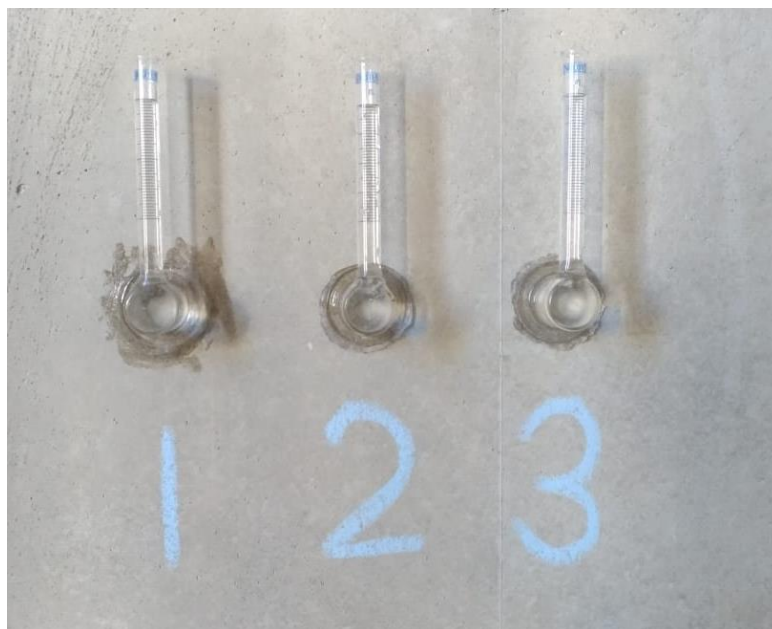


Figura 16 - Tubos de Karsten fixados na parede.

Em seguida, foi realizado o enchimento de água até o nível máximo do tubo (0 cm³). Para atingir o nível exato de altura da água, utilizou-se a pisseta para concluir o enchimento (Figura 17).



Figura 17 - Enchimento do tubo de Karsten com auxílio da pisseta.

Após alguns minutos pré determinados (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 90 e 120) foram realizadas as leituras da quantidade de água absorvida pela área em contato com o substrato (diâmetro interno do cilindro do tubo). Essas leituras foram feitas tendo como referência o rebaixamento do nível de água.

A absorção de água é dada pelo volume de água absorvida pela superfície (cm^3) durante o tempo do ensaio (120 minutos), a partir da acumulação dos valores registados em cada leitura. O cálculo do coeficiente de absorção é dado pela expressão:

$$C_{\text{abs}}^{120 \text{ min}} = \frac{A_{\text{bp}} \times 10^{-3}}{A_{\text{contato}} \times 10^{-4} \times \sqrt{120}} \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo: $C_{\text{abs}}^{120 \text{ min}}$ - coeficiente de absorção de água aos 120 minutos, em $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}}$.

A_{bp} - massa de água absorvida aos 120 minutos, em g.

A_{contato} - área de contato do tubo com a superfície (considera-se igual a $5,3 \text{ cm}^2$)

3.4.2 Rugosidade superficial

Após terem sido executados os tratamentos superficiais, corpos de prova foram retirados da parede de concreto com auxílio da ferramenta serra-copo. Esses cps foram utilizados para analisar a rugosidade superficial alcançada em cada tratamento realizado. A rugosidade superficial foi avaliada por leituras do perfilômetro óptico 3D (NewView 7300, Zygo Corporation, Connecticut, EUA), conforme ilustrado na Figura 18.

O perfilômetro óptico apresenta capacidade de medir os seguintes parâmetros: Ra (rugosidade média), Rz (rugosidade média na dimensão de cinco comprimentos sucessivos) e o Rq (rugosidade média quadrática). Entretanto, para análises realizadas nesta pesquisa, foram considerados os valores de perfis Ra, por ser o parâmetro de medição mais utilizado (PRETTO, 2007).



Figura 18 - Perfilômetro óptico 3D (NewView 7300, Zygo Corporation, Connecticut, EUA)

Pretto (2007) explica que o parâmetro Ra é a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento (y_i) dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média de medição (L_m) (Figura 19).

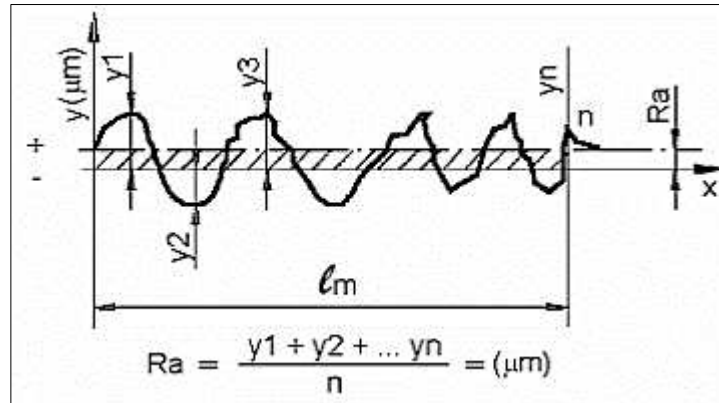


Figura 19 - Determinação da rugosidade média
Fonte: (ROSA, 2009)

3.4.3 Análise das características da superfície

Foram utilizados os mesmos corpos de prova do ensaio anterior para verificar as características alcançadas após a execução dos tratamentos superficiais, como por exemplo, formato, tamanho e profundidade dos poros, tonalidade da superfície, presença de agregados e fibras, entre outros. Essa análise foi realizada com auxílio do microscópio digital com aumento de até 1600x (Figura 20).



Figura 20 - Microscópio digital com aumento de até 1600x.

3.4.4 Resistência de aderência à tração

Com objetivo de avaliar o desempenho das argamassas colantes existentes no mercado quando aplicadas na parede de concreto, foram assentadas 8 cerâmicas com dimensão de 10 x 10 cm para cada situação de superfície proposta, conforme demonstrado na Figura 21 e explicado na Tabela 2. Considerou-se 6 cerâmicas para

realizar o ensaio de resistência à tração, 1 cerâmica para a análise citada no item 3.4.5, além de 1 cerâmica reserva, caso ocorresse algum dano com as demais.

Para o assentamento das cerâmicas, estendeu-se panos de argamassa colante sobre a parede com a parte lisa da desempenadeira. A seguir, foi aplicado o lado dentado da desempenadeira (6 x 6 x 6 mm), formando-se cordões horizontais. As cerâmicas foram aplicadas diretamente sobre os cordões da argamassa e em seguida foram pressionadas com as pontas dos dedos, com objetivo de desfazer o cordões da argamassa e aumentar a área de contato. Ressalta-se que as cerâmicas foram assentadas utilizando-se a colagem simples.



Figura 21 - Cerâmicas assentadas em obra para ensaio de resistência de aderência.

Tabela 2 - Situações verificadas no ensaio de resistência à tração

Substrato	Condições da superfície	Sigla	Argamassa Utilizada
Parede de concreto moldada <i>in loco</i>	Sem tratamento	ST	ACI, ACII e ACIII
	Lavada com hidrojateamento	H	
	Escovada manualmente e lavada com detergente e hidrojateamento	EMDH	
	Lixada mecanicamente e lavada com hidrojateamento	LMH	

O ensaio de resistência de aderência à tração foi realizado com base na norma 13754 (ABNT, 1996). Conforme as diretrizes propostas, a avaliação de resistência de aderência à tração foi realizada após 28 dias do assentamento do revestimento.



Figura 22 - Equipamento utilizado para o teste de arrancamento.

O ensaio consiste em analisar a tensão máxima suportada por um corpo de prova, quando submetido a esforço normal de tração simples. Para alcançar essa verificação, é colada uma pastilha no revestimento cerâmico de seção quadrada de 100 mm, possuindo dispositivo em seu centro para acoplamento do equipamento de tração. Deste modo, é realizada a sequência indicada pela NBR13754 (ABNT, 1996) descrita a seguir:

- a) acoplar o equipamento de tração à pastilha metálica e aplicar a carga de maneira lenta e progressiva, sem interrupções e com velocidade de carregamento de (250 ± 50) N/s;
- b) aplicar o esforço de tração perpendicularmente ao corpo de prova até a ruptura;
- c) anotar a carga de ruptura do corpo de prova em newtons;
- d) examinar a pastilha metálica do corpo-de-prova arrancado, verificando eventuais falhas de colagem da pastilha metálica;
- e) examinar, medir e registrar a seção onde ocorreu a ruptura do corpo-de-prova, podendo ser:
 - i. ruptura na interface placa cerâmica/argamassa;
 - ii. ruptura no interior da argamassa colante;
 - iii. ruptura na interface argamassa colante/substrato;
 - iv. ruptura no interior da argamassa do substrato;

- v. ruptura na interface substrato/base;
- vi. ruptura no interior da base;
- vii. ruptura na interface pastilha/cola; ou
- viii. ruptura na interface cola/placa cerâmica.

O cálculo da resistência de aderência (R_a), que é expressa em MPa (megapascals), é feito com a seguinte expressão:

$$Ra = \frac{P}{a} \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo: R_a = Resistência de aderência à tração (MPa);
 P = Carga de ruptura (N);
 a = Área da pastilha metálica (mm²);

Segundo a norma, para verificação do desempenho da argamassa, dos seis corpos de prova ensaiados, pelo menos quatro devem apresentar valores de resistência de aderência à tração iguais ou maiores que 0,30 MPa.

3.4.5 Análise da extensão de aderência

Para cada situação proposta no item 3.4.4, foi assentada uma cerâmica a mais, além das 6 previstas para ensaio de aderência, com objetivo de avaliar a extensão de aderência entre as camadas de revestimento. Com auxílio da serracopo, foram retirados corpos de prova do sistema de revestimento (cerâmica/argamassa colante e parede de concreto). Essa análise foi realizada com auxílio do microscópio digital com aumento de até 1600x (Figura 20).

4. RESULTADOS

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nesse capítulo serão apresentados todos os resultados obtidos nos ensaios realizados, assim como a discussão das análises visuais das imagens registradas e gráficos gerados.

4.2 ANÁLISE DA SUPERFÍCIE

4.2.1 Microscopia ótica

Conforme mostrado na Figura 23, os tratamentos influenciam nas características das superfícies e com isto, podem alterar o desenvolvimento da aderência dos revestimentos. Nota-se que as superfícies que foram submetidas aos tratamentos superficiais apresentaram tonalidade acinzentada, enquanto que a base sem tratamento (ST) exibiu uma superfície com tons amarelos, provavelmente alcançada devido a presença do óleo desmoldante.

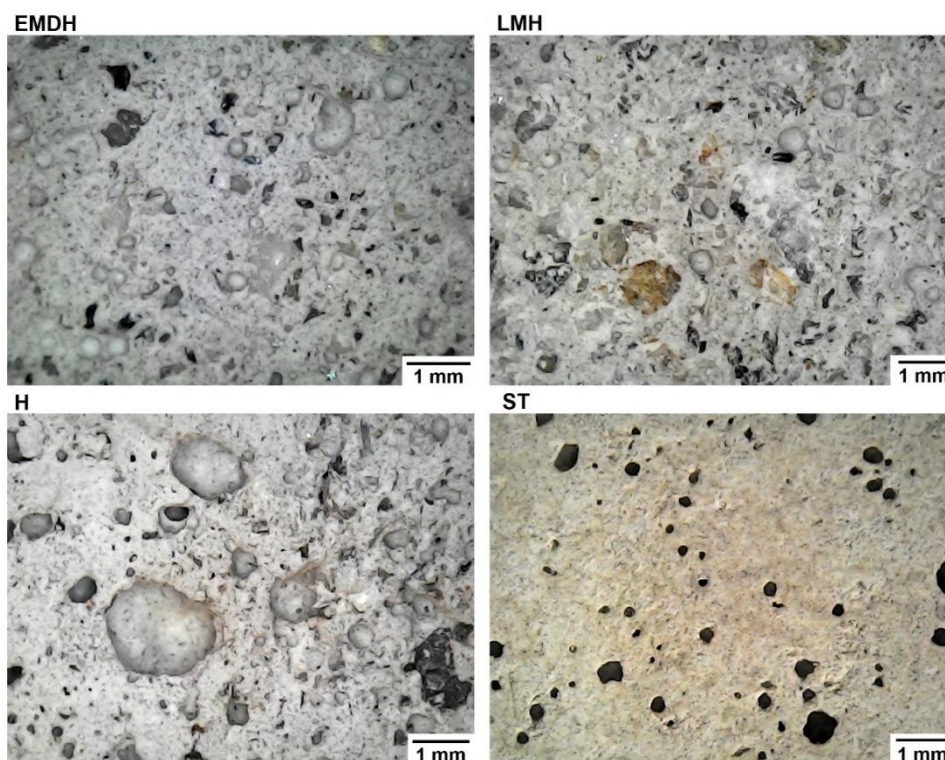


Figura 23 – Imagens com escala de 1 mm das superfícies tratadas.

O desmoldante utilizado na parede de concreto analisada no programa experimental foi à base de óleo vegetal, e aditivos formulados para favorecer o trabalho da desforma e impedir a aderência do concreto com a forma. O desmoldante utilizado apresenta aparência líquida oleosa e cor branco amarelado, justificando assim a tonalidade da base ST.

É possível verificar que de um modo geral, todas as amostras apresentaram poros superficiais, o que possibilitará o desenvolvimento da aderência mecânica do revestimento cerâmico. Nas situações EMDH e LMH, apesar de ser possível analisar a presença de poros, esses por ter sido lixados e/ou escovados desgastaram a superfície de modo que estes não apresentem a mesma profundidade quando comparado com a superfície hidrojetada.

Ressalta-se ainda que o tratamento por hidrojetamento (H) possui grande probabilidade de alcançar resultados satisfatórios de aderência e isso poderá ser explicado devido ao fato do tratamento ter provocado a formação de poros consideravelmente maiores e com melhor fator forma (diâmetro/profundidade) quando comparado às outras amostras. Por outro lado, nota-se que a base ST, apesar de possuir poros bem distribuídos, eles se encontram em menor proporção e dimensão e isso pode afetar de maneira negativa a resistência de aderência do revestimento.

As situações EMDH e LMH exibiram características similares, não sendo possível identificar diferenças apenas com as imagens observados na Figura 24. Contudo, as imagens que foram geradas em uma menor distância das amostras, exibidas na Figura 24, pode-se notar evidências de fibras na base LMH. A presença de fibras pode ser associada à maior profundidade atingida na superfície, uma vez que as fibras não apresentam tendência em se alocar na parte superior da parede.

Os tratamentos realizados foram capazes de remover a camada superficial do concreto (recobrimento de pasta cimento endurecida), de modo a ser possível verificar a presença dos agregados em todas as bases tratadas (Figura 23). Além disso, foi possível verificar a presença de poros que não eram visíveis antes dos tratamentos. Sendo assim, pode-se inferir que as superfícies tratadas apresentam maior tendência de possuir maiores graus de rugosidade, característica fundamental para melhoria da aderência mecânica, principalmente quando associada com permeabilidade e porosidade da base.

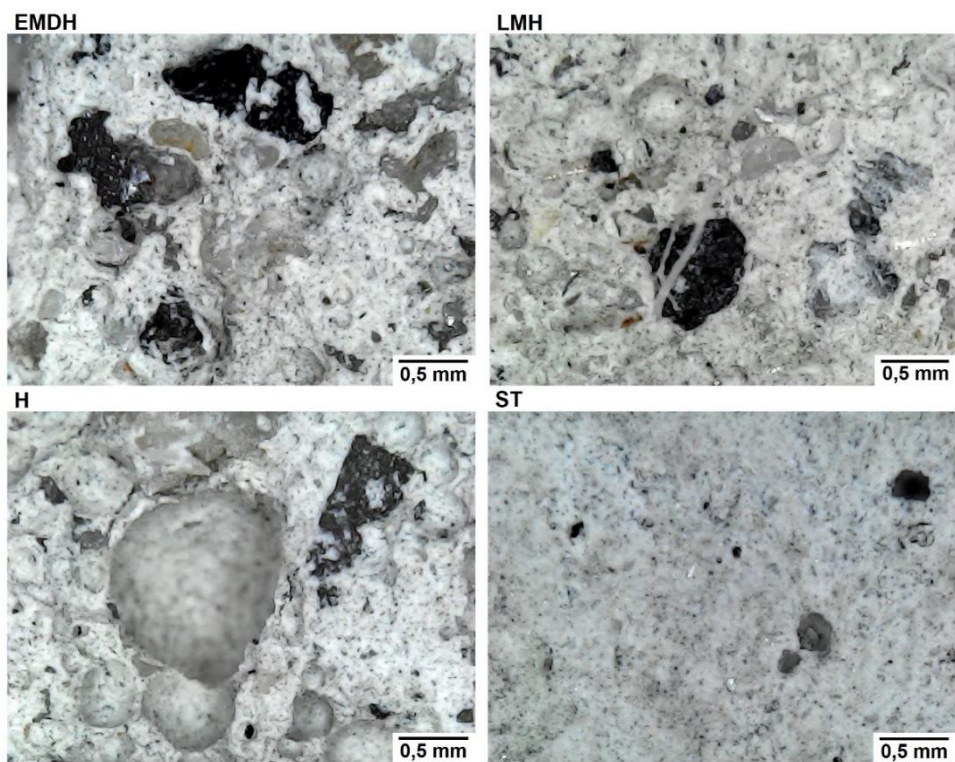


Figura 24 - Imagens com escala de 0,5 mm das superfícies tratadas.

4.2.2 Rugosidade superficial

O grau de rugosidade média (Ra), foi realizada a partir da análise em 4 áreas de cada superfície e os resultados médios são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Rugosidade média das superfícies analisadas.

Rugosidade Média (em μm)	Tratamentos Superficiais			
	EMDH	LMH	H	ST
Ra1	4,980	4,232	2,416	1,512
Ra2	4,938	4,993	2,881	1,463
Ra3	4,298	5,529	3,339	1,328
Ra4	5,610	5,943	3,461	1,644
Média	4,957	5,174	3,024	1,487

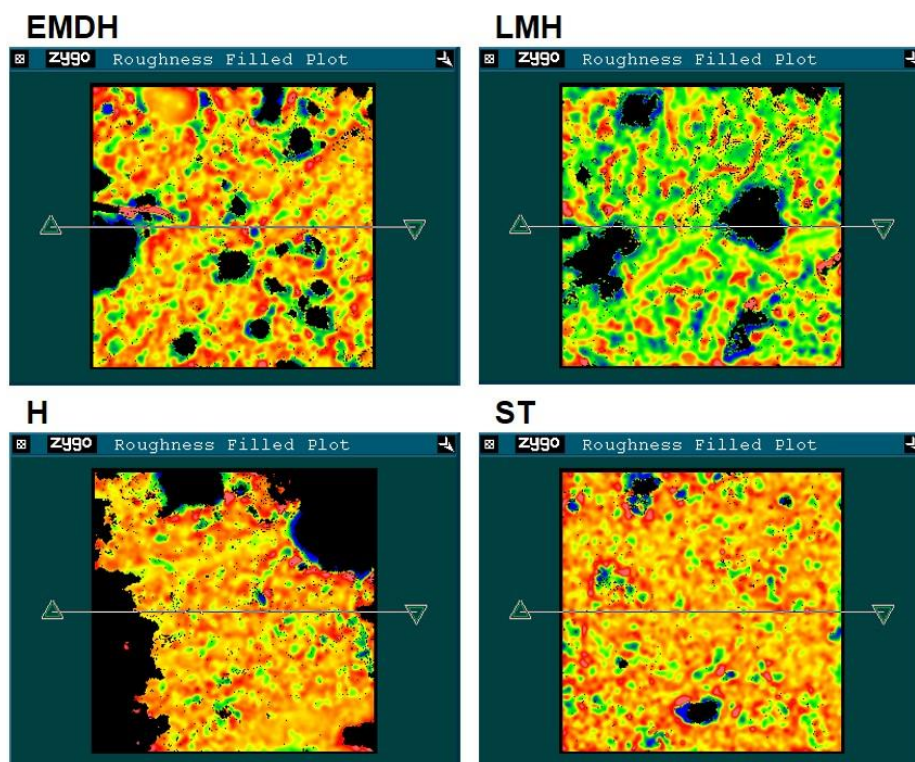


Figura 25 – Imagens registradas no perfilômetro óptico.

Conforme já era esperado, as superfícies que receberam tratamento com objetivo de aumentar a rugosidade, EMDH e LMH, apresentaram valores superiores às demais. Pode-se verificar também, que o tratamento mecanizado propiciou o aumento de rugosidade em comparação ao manual. Contudo, apesar de ter sido verificado a dificuldade da mão de obra ao executar a escovação manual, esse tipo de tratamento apresentou valores próximos da superfície lixada mecanicamente.

Ao analisar as superfícies H e ST, é possível aferir que o hidrojateamento por si só já apresenta capacidade em criar rugosidade na parede de concreto. Esse fato pode ser explicado devido ao fato do jato de água possuir força suficiente para eliminar a parte lisa superficial do concreto (pasta de cimento endurecido), a também conhecida popularmente como “nata do concreto”.

Ressalta-se que a base ST, conforme já era previsto, apresentou baixa rugosidade. O grau de rugosidade da base LMH, por exemplo, apresentou-se 348% maior quando comparado com a base ST. Essa baixa rugosidade pode contribuir de forma negativa nos resultados de aderência.

4.2.3 Permeabilidade à água

As superfícies tratadas, além da base sem tratamento, foram analisadas quanto a permeabilidade de água. O Gráfico 3 apresenta a massa de água absorvida ao longo tempo de ensaio.

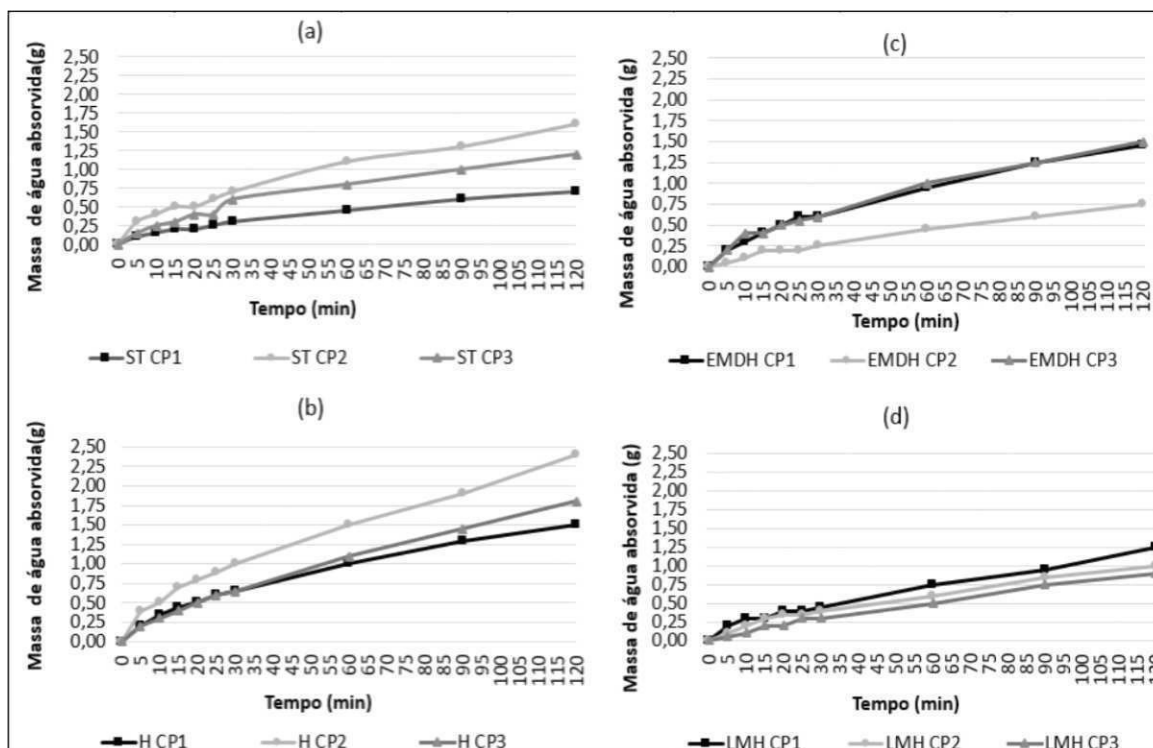


Gráfico 3 – Absorção de água nas superfícies analisadas Massa de água absorvida (g) x Tempo (min): (a) sem tratamento - ST; (b) hidrojateada - H; (c) escovada manualmente com detergente e hidrojateada - EMDH; (d) lixada mecanicamente e hidrojateada - LMH. Mesma escala

Verificou-se em todas as situações que a massa de água absorvida nos primeiros minutos apresentou um gradiente maior que a água absorvida ao longo do ensaio. A superfície LMH apresentou valores similares nos três cps, enquanto que a base ST resultou na situação contrária, em que os três cps apresentaram valores mais diferenciados entre si. Dessa forma, pode-se analisar que a superfície LMH caracterizou-se por apresentar uma base mais homogênea. Outro ponto importante para análise é a base EMDH, que apresentou dois cps com valores muito próximos (cp1 e cp3) e um valor de água absorvida mais baixo (cp2). Essa situação corrobora com a análise inicial, em que foi verificado que a mão de obra apresenta maior dificuldade em executar a escovação manual, deixando alguns pontos da superfície sem o devido tratamento.

Através do Gráfico 4 e da Tabela 4, pode-se verificar que o tratamento executado apenas com hidrojatamento apresentou absorção substancialmente maior que os outros tratamentos. Já o tratamento que apresentou menor coeficiente de absorção foi o lixado mecanicamente e hidrojateado. Esse fato pode ser explicado em razão da grande quantidade de pó fino gerado durante o lixamento, material esse que possivelmente penetrou nos pequenos poros da superfície e impediu que a água do cachimbo fosse absorvida. Ainda que se tenha executado a lavagem com água pressurizada após o lixamento da superfície, o jato de água, por possuir muita pressão, não apresentou capacidade de entrar nos poros e retirar o pó solto contido em seu interior.

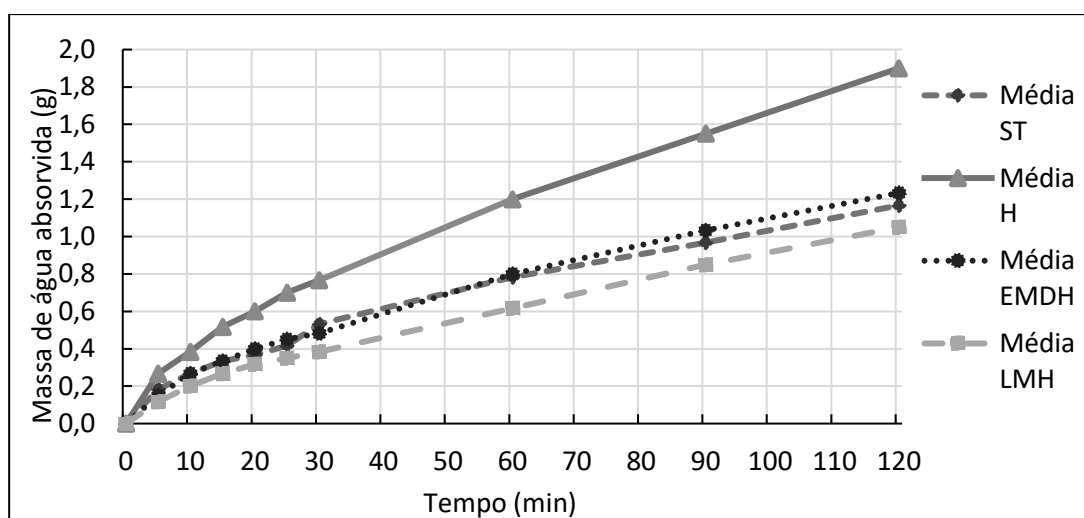


Gráfico 4 – Média da absorção de água das superfícies analisadas ao longo do tempo

Tabela 4 - Coeficiente de absorção de água das superfícies analisadas

Coeficiente de absorção de água			
ST	H	EMDH	LMH
0,20	0,33	0,21	0,18

As superfícies ST e EMDH exibiram valores aproximados de absorção, indicando assim que o tratamento executado com escovação manual foi insuficiente para retirar a superfície mais fraca do concreto, também conhecida como “nata do concreto” que fecha os poros próximos da superfície.

Verificou-se então, através do teste de absorção, que a superfície que apresenta melhor condição para desenvolver a aderência mecânica é que foi tratada com hidrojateamento. Vale salientar que a lavadora de alta pressão utilizada para o estudo em questão, apresenta pressão elevada (4000 lbs) e por isso foi possível observar que o jato de água foi suficiente para retirar a “nata superficial” do concreto, criando uma situação que possibilitou a abertura dos poros próximos da superfície.

4.3 ADERÊNCIA À TRAÇÃO

4.3.1 Resistência de aderência à tração

O desempenho, quanto a aderência dos revestimentos analisados, pode ser observado nos resultados individuais de cada cp, conforme demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados individuais do ensaio de resistência à aderência (MPa).

Tipos de tratamento	EMDH			LMH			ST			H		
	ACI	ACII	ACIII	ACI	ACII	ACIII	ACI	ACII	ACIII	ACI	ACII	ACIII
Argamassas												
CP1	0,12	0,45	0,60	0,32	0,49	0,71	0,19	0,17	0,83	0,29	0,45	0,72
CP2	0,18	0,45	0,54	0,27	0,19	0,60	0,21	0,26	0,55	0,29	0,42	0,71
CP3	0,16	0,56	0,43	0,29	0,35	0,74	0,16	0,42	0,77	0,19	0,40	1,04
CP4	0,17	0,35	0,39	0,32	0,37	0,40	0,22	0,33	0,53	0,13	0,46	0,62
CP5	0,10	0,19	0,49	0,19	0,43	0,58	0,20	0,38	0,32	0,18	0,68	0,59
CP6	0,15	0,59	0,32	0,32	0,24	0,62	0,06	0,25	0,57	0,15	0,59	0,65

A norma NBR 13754 (ABNT, 1996) indica que para verificar o desempenho do sistema de revestimento, é necessário realizar o teste de aderência em no mínimo 6 corpos de prova, sendo que pelo menos 4 destes apresentem valores acima de 0,30 MPa para que o sistema seja aprovado. Portanto, pode-se perceber que as situações EMDH-ACI, LMH-ACI, ST-ACI, ST-ACII e H-ACI estão em desacordo com a prescrição da norma e o seu uso não é recomendado. Essas 5 situações se executadas na parede de concreto moldada *in loco*, provavelmente propiciariam a ocorrência da patologia do deslocamento cerâmico.

Além da análise dos resultados individuais de cada cp, faz-se necessário verificar os valores médios dos resultados de resistência de aderência à tração, das situações propostas, conforme expressos no Gráfico 5.

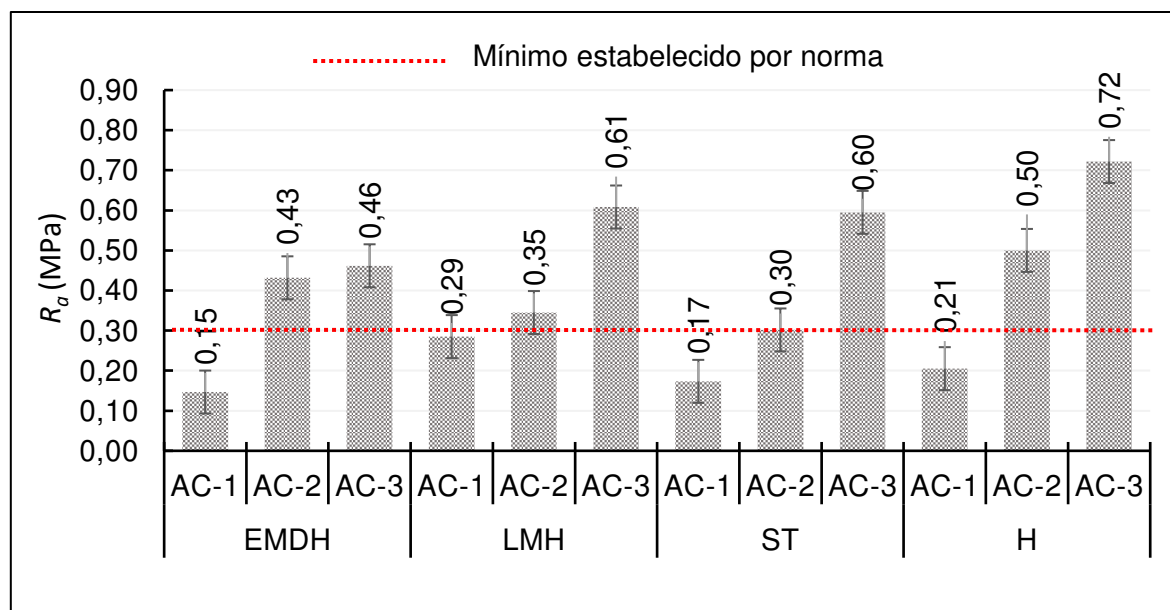


Gráfico 5 - Média dos resultados do ensaio de resistência à aderência aos 28 dias de todas as situações analisadas.

Considerando a barra de erros, pode-se verificar que 6 situações apresentaram valores de resistência abaixo do mínimo estabelecido por norma. As cerâmicas aplicadas com a argamassa colante ACI, apresentaram resultados consideravelmente baixos para todas as superfícies e tecnicamente o seu uso não seria recomendado para bases de paredes de concreto moldadas *in loco*. Contudo, é importante destacar que apesar de apresentar resultados desfavoráveis, a situação LMH-ACI apresentou resultados melhores que as demais aplicadas com argamassa colante ACI. Ao associar essa informação com o ensaio de permeabilidade, nota-se que os resultados não corroboram com o que foi exposto no item 2.3.2 dessa pesquisa. Foi explicado nesses tópicos que a porosidade e permeabilidade do substrato desempenha influência significativa na aderência mecânica, sendo que a ACI, devido a sua composição, é capaz de desenvolver apenas a aderência mecânica. Contudo ao verificar que o tratamento LMH apresentou baixa permeabilidade e relativamente alta aderência na situação LMH-ACI, pode-se concluir que devido a presença da grande quantidade de pó, proveniente da própria superfície de concreto, esse material provavelmente ficou armazenado nos poros da superfície e dificultou a entrada de água durante o ensaio de permeabilidade. Por

outro lado, o pó presente nos poros criou uma boa situação para a hidratação dos produtos presentes no cimento e que são responsáveis pelo desenvolvimento da aderência mecânica, resultando assim em valores próximos do mínimo recomendado pela norma.

Embora não fosse esperado, a situação EMDH-ACI apresentou resultados piores que a base ST-ACI. Esse fato indica que possivelmente a utilização de detergente para limpeza da base prejudicou a evolução da aderência do revestimento, uma vez que o material pode ter ficado impregnado nos poros da superfície e ter comprometido a hidratação do cimento.

Além dessas situações mencionadas, pode-se verificar que apesar dos valores médios das situações ST-ACII e LMH-ACII serem aceitos, ao analisar a barra de erros é possível verificar que a mesma está abaixo de 0,30 MPa, que é o mínimo estabelecido pela norma. Essa baixa aderência, mesmo utilizando uma argamassa que já possui polímero em sua composição, pode ser explicada devido a presença de desmoldante na ST-ACII e pó solto na superfície da LMH-ACII.

Analisando os resultados das situações em que foi utilizada a argamassa colante ACIII, pode-se perceber que todos os tipos de tratamento obtiveram valores acima do mínimo estabelecido por norma. Dessa forma, ressalta-se que o tipo de tratamento não é muito significativo quando se utiliza argamassa com maior quantidade de polímero em sua composição. É possível perceber mais uma vez que a situação EMDH-ACIII apresentou resultados piores que a base ST-ACIII, como ocorreu na argamassa colante ACI. Dessa forma, entende-se que a presença do detergente neutro seja mais desfavorável que a impregnação do desmoldante. Acredita-se que o composto SO_3^{1-} (sulfonato), presente nos detergentes, quando submetidos às situações com a presença de umidade, poderia se converter em SO_4^{2-} (sulfato), vindo a provocar reações deletérias na matriz cimentícia e comprometer a durabilidade do concreto.

4.3.2 Análise dos tipos de ruptura

Após a execução do arrancamento das cerâmicas também foi avaliado o local em que ocorreu a ruptura. Essa análise é fundamental para verificar em qual

camada ou interface do sistema de revestimento a aderência foi mais baixa. A Tabela 6 e

Gráfico 6 apresentam os valores percentuais médios de ruptura por local, considerando:

- a) S – ruptura no interior do substrato;
- b) S/A – ruptura na interface substrato/argamassa colante;
- c) A – ruptura no interior da argamassa colante;
- d) A/C – ruptura na interface argamassa colante/placa cerâmica;
- e) C – ruptura na cerâmica.

Tabela 6 - Valores percentuais médios de ruptura.

Tratamento	Argamassa	Média da aderência	Local de ruptura				
			S	S/A	A	A/C	C
EMDH	ACI	0,147	0%	50%	27%	23%	0%
LMH		0,285	0%	80%	0%	20%	0%
ST		0,173	0%	100%	0%	0%	0%
H		0,205	3%	55%	0%	42%	0%
EMDH	ACII	0,432	0%	58%	0%	42%	0%
LMH		0,345	0%	12%	0%	88%	0%
ST		0,302	0%	28%	17%	55%	0%
H		0,50	0%	20%	0%	80%	0%
EMDH	ACIII	0,462	0%	23%	2%	75%	0%
LMH		0,608	0%	12%	0%	60%	28%
ST		0,595	10%	2%	0%	88%	0%
H		0,722	0%	17%	0%	81%	2%
Percentual total de ruptura das situações analisadas			1,1%	38,1%	3,8%	54,5%	2,5%

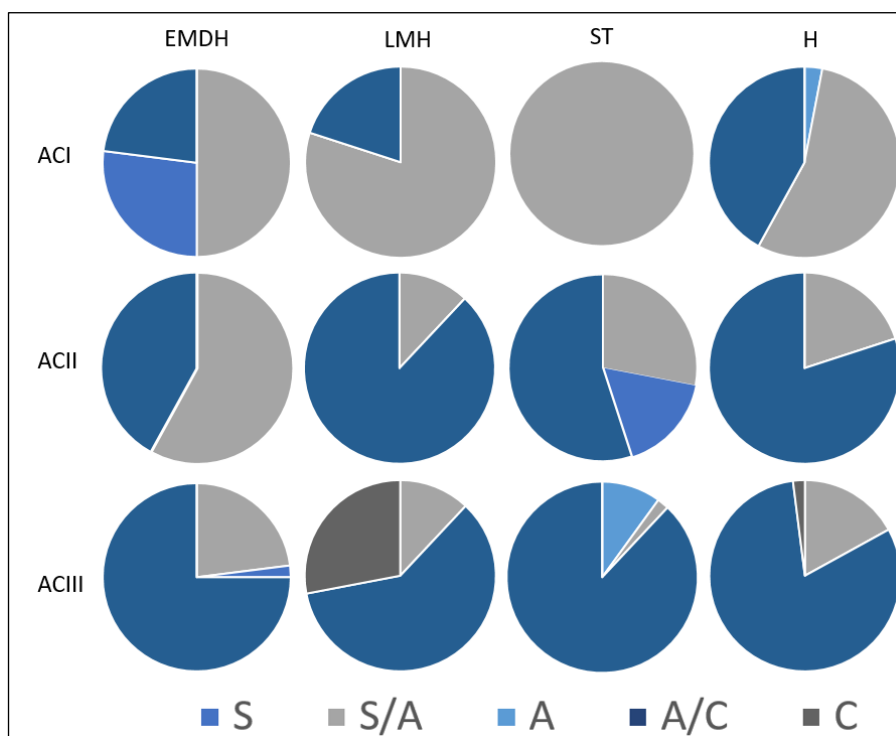


Gráfico 6 – Tipos de rupturas ocorridas nas situações analisadas.

De um modo geral, as rupturas ocorreram predominantemente na interface substrato/argamassa colante nas situações em que foi utilizada a argamassa colante ACI e na interface argamassa colante/cerâmica nas situações em que a cerâmica foi assentada com argamassas colantes AC II e AC III.

Ressalta-se ainda que as rupturas ocorreram na maioria das situações de forma adesiva, isto é, na interface entre duas camadas distintas. O maior percentual de ocorrência foi na interface argamassa/cerâmica, sendo de 54,5%. Esse fato pode ser explicado devido ao fato da cerâmica possuir área de 100 cm² e por isso ter sido executado o assentamento aplicando argamassa apenas na parede de concreto, conforme orientações na norma prescritiva.

Verificou-se também que as rupturas coesivas ocorreram em menor percentual, sendo que apenas 1% se deu na superfície, 2,5% na cerâmica e 3,8% na argamassa. Ressalta-se que, conforme apresentado na Tabela 6, a argamassa colante ACI possui menor quantidade de aditivos em sua composição o que à torna uma argamassa mais “fraca”, dessa forma era esperado que a ruptura coesiva ocorreria em maior escala na argamassa colante ACI, da mesma forma que a argamassa colante ACIII apresentaria menor probabilidade de ocorrência por possuir maior quantidade de aditivos.

Ao analisar o

Gráfico 6, é possível verificar que o tratamento superficial influencia no tipo de ruptura do revestimento e conseqüentemente explica alguns pontos a respeito do desenvolvimento da aderência. Nas amostras que foram utilizadas a argamassa colante ACI, a superfície sem tratamento (ST) não apresentou capacidade em aderir a argamassa, uma vez que a ruptura se deu 100% na interface. Por outro lado, as superfícies escovadas e hidrojateadas (EMDH e H) demonstraram maior tendência em aderir a argamassa, sendo que esses foram os tratamentos que apresentaram menor percentual de ruptura na interface substrato/argamassa. Sendo assim, por se tratar de aderência mecânica devido a utilização da argamassa colante ACI, esses tratamentos garantiram maior abertura dos poros, corroborando com os resultados alcançados no teste de absorção.

Ao avaliar de um modo geral os tipos de ruptura que ocorreram nas amostras assentadas com argamassa colante ACII, verifica-se que houve uma melhoria de aderência entre a argamassa colante e o substrato, de modo que as rupturas se deram em grande escala entre a cerâmica e argamassa. Conforme já justificado anteriormente, tal fato é explicado devido a presença de aditivos na composição da argamassa responsáveis por garantir maior adesividade do material. Entretanto, nota-se que no tratamento escovado (EMDH), houve uma maior tendência de ruptura na interface S/A, nas amostras de argamassas colantes ACII e ACIII, induzindo mais uma vez a ideia de que a presença de resíduos do detergente na superfície dificulta o desenvolvimento da aderência da argamassa colante. Nas demais situações, em que as cerâmicas foram assentadas com argamassa colante ACIII, não houveram distinções relevantes. Ressalta-se apenas que na superfície lixada (LMH) ocorreu ruptura coesiva na cerâmica, fato esse que pode ter ocorrido por erro de execução, devido à falta de contato entre a argamassa e a cerâmica, gerando pontos vazios nessa interface, permitindo assim que a placa cerâmica tenha ficado vulnerável nessa amostra.

4.4 ANÁLISE DA EXTENSÃO DE ADERÊNCIA

Conforme já apresentado no item 2.2.4.2, a área de contato entre a argamassa e o substrato influencia diretamente no desenvolvimento da aderência

química do sistema de revestimento. Em razão disso, foram geradas imagens da interface parede de concreto/argamassa colante, com objetivo de analisar a extensão de aderência.

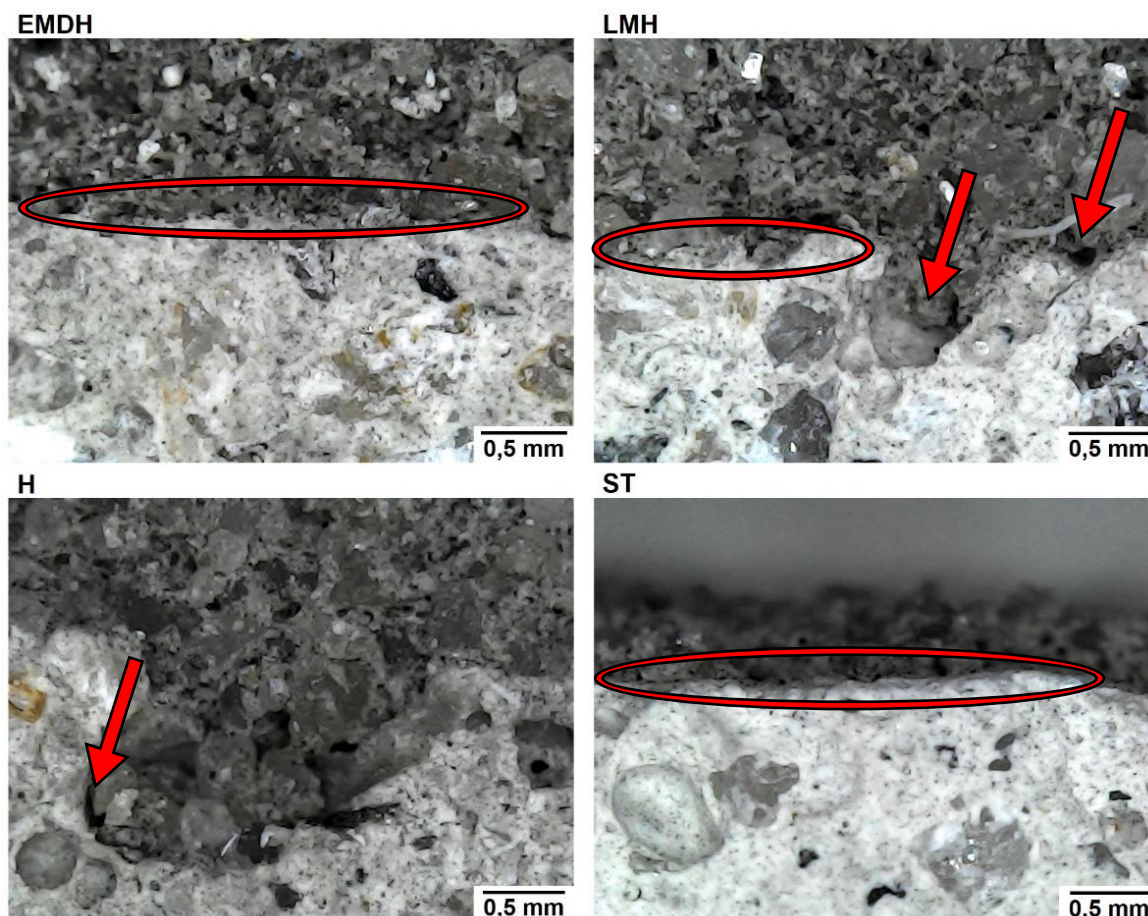


Figura 26 - Extensão de aderência na interface concreto (cinza claro) e argamassa colante ACI (cinza escuro).

Pode-se verificar a presença de fissuras, ou seja, espaços vazios e sem contato entre a argamassa e o substrato nas situações em que foi utilizada a argamassa colante ACI, conforme destaque com círculo na Figura 26. Essa condição já era prevista devido ao fato da argamassa colante tipo I não possuir aditivos poliméricos capazes de garantir maior adesividade do material.

É possível verificar ainda, que por mais que exista a presença de poros nas superfícies LMH e H, a argamassa colante ACI não alcançou esses pontos e permitiu a formação de espaços vazios na interface, conforme destacado com setas na Figura 26. Esses pontos comprometem o desempenho do sistema, uma vez que tornam a ligação da interface mais frágil e propícia a diminuir a aderência.

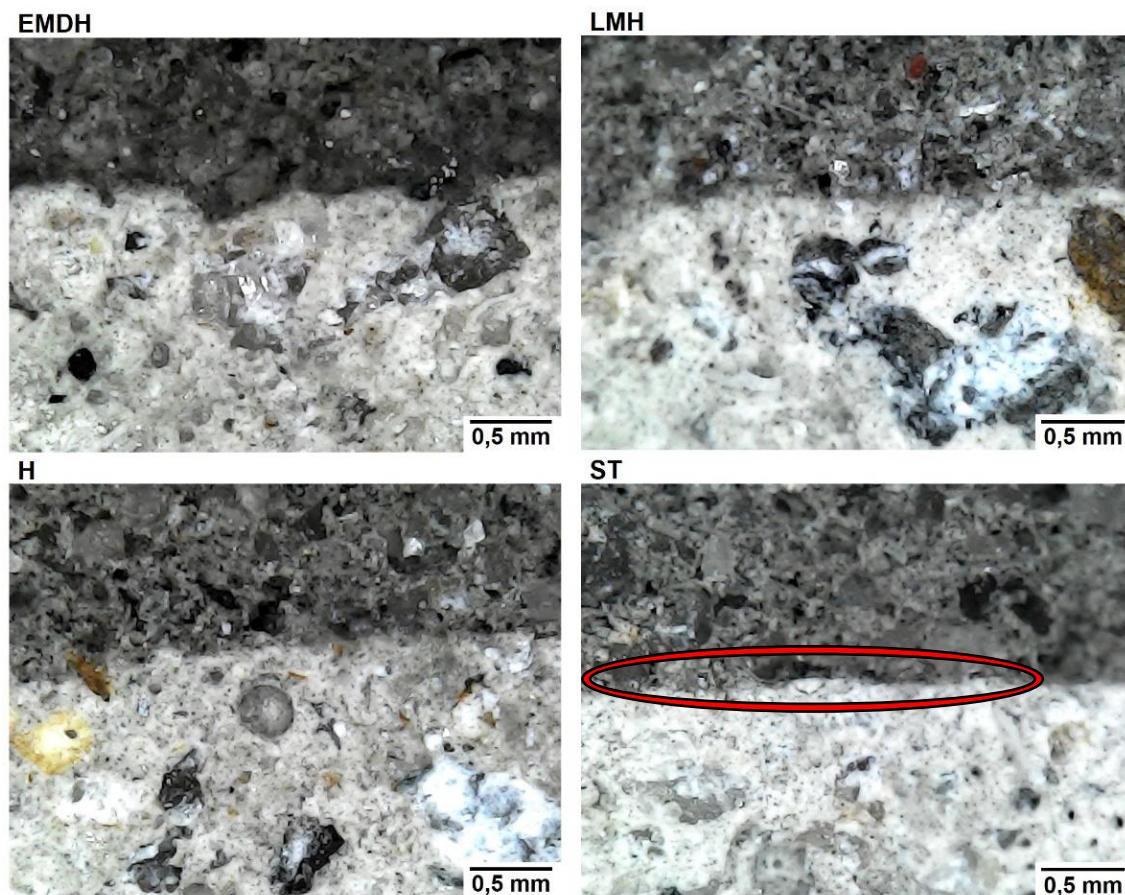


Figura 27 - Extensão de aderência na interface concreto (cinza claro) e argamassa colante ACII (cinza escuro).

De um modo geral, observa-se uma diminuição de vazios nas situações em que foi utilizada a ACII. Isso se deve ao fato da presença de aditivos poliméricos na composição da argamassa colante. Contudo, na situação da superfície sem tratamento (ST), conforme ilustrado na Figura 27, ainda foi possível verificar a presença de fissuras na interface, corroborando assim mais uma vez com o entendimento inicial dessa pesquisa de que a presença do óleo desmoldante inibe a aderência do revestimento.

Ressalta-se que a Figura 26, Figura 27 e Figura 28, evidenciam que a superfície sem tratamento (ST) não apresenta deformidades na interface, quando comparada com os demais tratamentos. Essas imagens confirmam os resultados alcançados no ensaio de rugosidade, em que a superfície sem tratamento, apresentou o menor valor de rugosidade média, entre as analisadas.

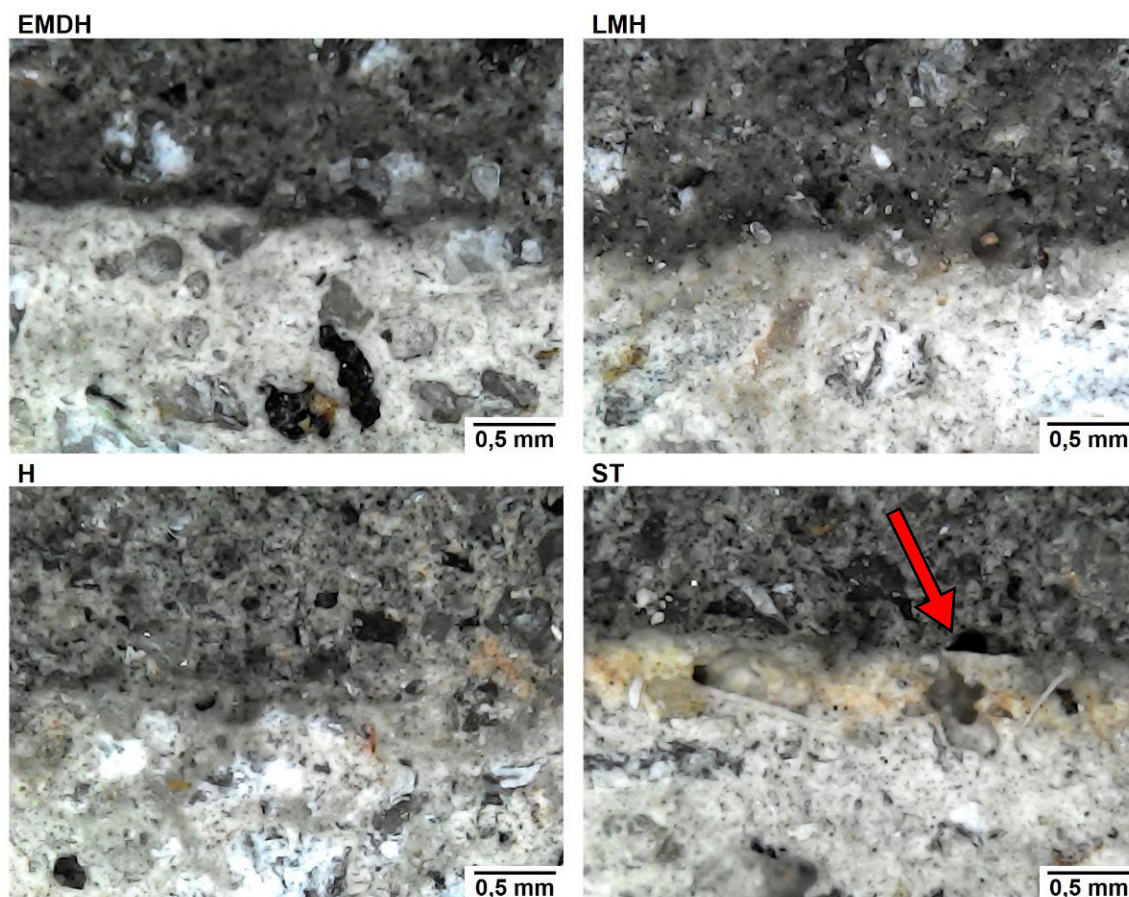


Figura 28 - Extensão de aderência na interface concreto (cinza claro) e argamassa colante ACIII (cinza escuro).

Já nas condições em que foi utilizada a argamassa colante ACIII, argamassa com maior adição de polímeros, não é possível verificar a presença de fissuras na interface, a transição entre a argamassa e concreto só poder ser notada devido às tonalidades dos materiais serem diferentes, conforme ilustrado na Figura 28.

Vale ressaltar, que por mais que tenha havido uma melhora na extensão de aderência na medida que foram utilizadas argamassas colantes com maior presença de aditivos poliméricos, na superfície sem tratamento (ST) ainda foi possível verificar pontos vazios na interface. Nota-se, por exemplo, na amostra ST-ACIII pontos escuros na transição entre a argamassa e o substrato, conforme destacado, indicando a falta de contato entre os materiais. Essa condição pode ter ocorrido devido a presença do óleo desmoldante na superfície, que por sua vez assume a função de hidrofugante, diminuindo o ângulo de contato, molhabilidade da base e, portanto, a aderência.

5. CONCLUSÃO

Verificou-se que os tratamentos superficiais executados apresentaram capacidade de reduzir a presença do óleo desmoldante e permitiram a abertura superficial de poros, antes recoberto pela nata de cimento, potencializando o desenvolvimento da aderência do revestimento em bases de concreto. A base sem tratamento demonstrou resultados muito inferiores, induzindo mais uma vez ao conceito de que para garantir o melhor desempenho do sistema, é necessário que algum tratamento seja realizado na parede de concreto antes que seja executado o revestimento cerâmico. Ademais, verificou-se menor extensão de aderência com a argamassa colante na situação ST, quando comparada aos outros tratamentos. Ao longo dos anos essa falta de contato pode provocar a diminuição de aderência do revestimento e permitir o destacamento das placas cerâmicas.

As superfícies que foram submetidas aos tratamentos lixado e escovado alcançaram maior grau de rugosidade quando comparadas as demais. Além disso, o hidrojateamento, apesar de apresentar valores menores, ainda assim garantiu a formação de rugosidade na superfície. Notou-se a necessidade de maior esforço e controle da mão de obra na execução da limpeza utilizando a escovação manual, sendo necessário instruir o pedreiro acerca de pontos nos quais ainda não havia sido executado o serviço. Diante desse cenário, constata-se que a mão de obra poderia deixar diversos pontos sem executar a escovação, comprometendo assim o desempenho do revestimento cerâmico.

O tratamento que apresentou maior absorção de água foi o hidrojateado (H) e a menor foi o lixado mecanicamente (LMH). No entanto, o ensaio de aderência demonstrou que a base lixada mecanicamente exibiu os melhores resultados com argamassa colante ACI. Esse resultado não previsto pode ser justificado devido ao fato do tratamento lixado mecanicamente ter gerado grande quantidade de pó fino. Essas partículas provavelmente depositaram-se no interior dos poros e impediram que a água do cachimbo fosse absorvida pela superfície durante as 2 horas de ensaio. Por outro lado, acredita-se que esse material depositado nos poros gerou uma boa situação para o desenvolvimento da aderência mecânica, uma vez que potencializou a presença de produtos responsáveis pela ancoragem mecânica, resultando assim em valores próximos do mínimo recomendado pela norma.

Constatou-se também que a utilização de detergente para a limpeza da base de concreto possivelmente prejudica o desenvolvimento da aderência ao longo do tempo. Apesar de ter apresentado resultados satisfatórios nas situações EMDH-ACII e EMDH-ACIII, a presença de resíduos de detergente podem comprometer a superfície do concreto e diminuir a aderência ao longo dos anos. Acredita-se que o composto SO_3^{1-} (sulfonato), presente nos detergentes, quando submetidos às situações com a presença de umidade, poderia se converter em SO_4^{2-} (sulfato), vindo a provocar reações deletérias na matriz cimentícia e comprometer a durabilidade do concreto.

A ruptura adesiva na interface argamassa colante/cerâmica foi a que apresentou maior ocorrência. De certo modo, acreditava-se que a interface que apresentaria menor aderência seria entre a argamassa colante e a parede de concreto. Porém, como as amostras de cerâmica possuíam área menor que 900 cm^2 , o assentamento do revestimento foi executado aplicando a argamassa colante apenas na parede de concreto, induzindo assim, aos resultados atingidos. Ainda assim, a interface argamassa colante/parede de concreto, resultou em 38,1% de ocorrência de ruptura, demonstrando dessa forma a fragilidade da interface.

As amostras LMH-ACII, embora tenham apresentado valor médio de aderência acima do normativo, apresentaram dois CPs com resultados abaixo da média. Por mais que a superfície apresentasse maior rugosidade superficial, esse fato pode ser explicado devido a presença de pó solto na parede, material esse que pode ter impedido o contato da argamassa colante com a base. Dessa forma, ressalta-se que esse tipo de tratamento executado na parede de concreto poderia favorecer o deslocamento cerâmico.

Diante de toda a análise realizada nesta pesquisa, foi possível concluir que as situações EMDH-ACI, LMH-ACI, ST-ACI, ST-ACII e H-ACI estão em desacordo com a prescrição da norma e o seu uso não é recomendado para execução do revestimento cerâmico na parede de concreto. Entretanto, para que seja possível garantir um melhor desempenho do revestimento cerâmico aplicado na parede de concreto, recomenda-se que seja utilizado o hidrojateamento (alta pressão) como tratamento superficial. Entre as situações propostas, foi o que apresentou melhores resultados e menor complexidade de execução. Salienta-se que ao combinar o tratamento hidrojateado com a aplicação do revestimento com a argamassa colante ACII foi possível atingir excelentes resultados e com bom custo benefício.

REFERÊNCIAS

- ABBATE, V. **Desmoldante: um para cada tipo de forma**. *Téchne*, São Paulo, v. 70, p. 48-49, 2003.
- ASSALI, M. P.; LOH, K. Viabilidade do emprego de agentes retardadores em substituição aos desmoldantes convencionais na moldagem de concreto para aplicação de argamassas de revestimento. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 7-23.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Parede de Concreto: Coletânea de ativos 2007/2008**. São Paulo, 2008
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS. **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 14081**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055**: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.
- BAUER, Elton. **Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades**. Brasília: LEM-UnB, 2005.
- BELLEI, P. **Análise do tempo de utilização por viscosimetria de argamassas colantes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFSM. Santa Maria, p. 111. 2016.
- BECKER, F. A.; ANDRADE, J. J. O. Avaliação da influência do substrato de concreto na resistência de aderência à tração de diferentes tipos de chapisco. **Revista Matéria**, Rio Grande do Sul, v. 22, n. 4, 2017.
- BRANDÃO, P. R. G. **Notas de aula “Métodos de Instrumentação e Análise”**. Programa Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas. UFMG. Belo Horizonte, 2018.
- BRAGUIM, T. C. **Utilização de modelos de cálculo para projeto de edifícios de paredes de concreto armado moldadas no local**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - USP. São Paulo, p. 188. 2013
- BREA, F. M. **Resistência de aderência e tempo em aberto de argamassas colantes com adição de éteres de celulose**. In: V Simpósio Brasileiro de argamassas. Anais V SBTA. São Paulo, 2003
- BÜHLER, Th; ZURBRIGGEN, R.; PIELES, U.; HUWILER, L., e RASO, R. A. Dynamics of early skin formation of tiling mortars investigated by microscopy and diffuse reflectance infrared Fourier transformed spectroscopy. **Cement and Concrete Composites**, v. 37, p. 161-170, 2013.
- BURKARTER, E. **Construção de imagens por padrões Hidrofóbicos/Hidrofilico**. Dissertação (Mestrado em Física do Setor de Ciências Exatas) - UFPR. Curitiba, p.98. 2006.
- CABREDO, L. V; MADRAZO, J. A.P; STAMBUK, J. C; MERIÑO, J. F. Influencia de distintos tratamientos superficiales en paneles prefabricados de hormigón armado expuestos a diferentes condiciones ambientales. **XIV Jornadas Chilenas del Hormigón**, 2003.
- CANDIA, M. C.; FRANCO, L. S. **Contribuição ao estudo das técnicas de preparo da base no desempenho dos revestimentos de argamassa**. São Paulo, v. 198, 1998.

CARASEK, H. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos; avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação.** Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - USP. São Paulo, p. 258. 1996.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; JUCÁ, T. Estudo de Casos de Deslocamento de Revestimento de Argamassa Aplicado Sobre Estrutura de Concreto. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, v. 6, p. 551-561, 2005.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SCARTEZINI, L.M. **Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 4º, Brasília, 23 a 25 de maio de 2001. Anais. Brasília, PECC/ANTAC, 2001. p.43-67.

CARASEK, H. In: ISAIA, G.C. (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios da Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo: IBRACON, 2007. v. 2, cap. 26, p. 864-904.

CARRILLO, J.; ALCOCER, S. M. Acceptance limits for performance-based seismic design of RC walls for low-rise housing. **Earthquake Engineering and Structural Dynamics**, v. 41, n. 15, p. 2273–2288, 2012.

CARRILLO, J.; ALCOCER, S. M. Shear strength of reinforced concrete walls for seismic design of low-rise housing. **ACI Structural Journal**, v. 11, n. 110, p. 415–426, 2013.

CARRILLO, J.; VARGAS, D.; SÁNCHEZ, M. Stiffness degradation model of thin and lightly reinforced concrete walls for housing. **Engineering Structures**, v. 168, n. 101, p. 179–190, 2018.

CARVALHO, P. P. **Desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social com paredes de concreto armado na zona bioclimática 2 brasileira.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFSM, Santa Maria, p. 108. 2012.

CARVALHO JR, A. N. **Avaliação da aderência dos revestimentos argamassados: Uma contribuição à identificação do sistema de aderência mecânico.** 2005. 331p. 2005. Tese de Doutorado. Tese de Doutorado apresentado ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas) -Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CEOTTO, L. H.; BANDUCK, R. C.; NAKAKURA, E. H. **Revestimentos de Argamassa: boas práticas em projeto, execução e avaliação.** Porto Alegre: ANTAC, 2005. 96p.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, MAC; CARASEK, H. Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (Publicação IPT 2378), 1995, 118 p. **Boletim Técnico**, v. 68.

COSTA, M. R. M. M.; CINCOTTO, M. A; PILEGGI, R. G. Análise comparativa de argamassas colantes de mercado e o seu comportamento reológico. **Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, VI, In: Anais, ANTAC, Florianópolis**, p. 382-394, 2005.

CSTC, Centre Scientifique et Technique de la Construcción – CSTC (2002). **Hidrofuges de surface.** Bruxelles, 51 p. (Note D'information Technique – NIT n. 224 – remplace la NIT n. 140).

CZARNECKI, S, HOLA, J.. Evaluation of the height 3D roughness parameters of concrete substrate and the adhesion to epoxy resin. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 67, p. 3-13, 2016.

DJEAL, C.; VANHOVE, Y.; CHAMBELLAN, D.; Brisset, P. Influence of the Application Method of Release Agents on Thickness of Mould Oils. **Materials and Structure**, v. 43, p. 687-698, 2010.

EUROPEAN STANDARDS. **EN 1504-10:** Products and systems for the protection and repair of concrete structures-definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity: [S.I.]. 2003.

FERNANDEZ, Marcos César de Carvalho. **Estudo comparativo da caracterização físico química e da cinética de reação de obtenção dos álcoois graxos etoxilados obtidos de fonte natural e de fonte sintética**. Dissertação (Mestrado em Processos industriais) - IPT. São Paulo, p. 130f. 2008.

FIORITO, Antonio JSI. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. Pini, 2009.

GARBACZ, A; COURARD, L; KOSTANA, K. Characterization of concrete surface roughness and its relation to adhesion in repair systems. **Materials characterization**, v. 56, n. 4-5, p. 281-289, 2006.

GARBACZ, A.; GÓRKA, M.; COURARD, L. Effect of concrete surface treatment on adhesion in repair systems. **Magazine of Concrete Research**, v. 57, n. 1, p. 49-60, 2005.

GONÇALVES, A. E. N. **Estudo da influência dos factores de aplicação no desempenho de argamassas de revestimento recorrendo a técnicas de ensaio *in-situ***. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Instituto Superior Técnico. Lisboa, p. 197. 2010.

GRILLO, K. V. **Análise comparativa da aderência de tipos rochosos assentados com três argamassas**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – USP. São Carlos, p.187. 2010.

GUAN, Hong; COOPER, Carlia; LEE, Dong-Jun. Ultimate strength analysis of normal and high strength concrete wall panels with varying opening configurations. **Engineering Structures**, v. 32, n. 5, p. 1341-1355, 2010.

KANELLOPOULOS, Antonios; PETROU, Michael F.; IOANNOU, Ioannis. Durability performance of self-compacting concrete. **Construction and Building Materials**, v. 37, p. 320-325, 2012.

KAZMIERCZAK, C. S.; BREZEZINSKI, D. E.; COLLATTO, D. Influência do tipo e preparo de substrato na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa industrializada. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, v. 7, 2009.

KUDO, E. K; CARDOSO, F. A; PILEGGI, R. G. Avaliação de argamassas colantes por reometria rotacional. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 2, p. 125-137.

LIAN, C; ZHUGE, Y.; BEECHAM, S. The relationship between porosity and strength for porous concrete. **Construction and Building Materials**, v. 25, n. 11, p. 4294-4298, 2011.

MANSUR, A. A. P. **Mecanismos físico-químicos de aderência na interface argamassa modificada com polímeros/cerâmica de revestimento**. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) - UFMG. Belo Horizonte, p. 357. 2007.

MASSONE, Leonardo M.; WALLACE, John W. Load-deformation responses of slender reinforced concrete walls. **Structural Journal**, v. 101, n. 1, p. 103-113, 2004.

MESOMO, Marcos Feronatto. **Manifestações patológicas em unidades habitacionais construídas com paredes de concreto moldadas in loco com fôrmas metálicas: análise das falhas observadas na etapa de execução**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) –UFRGS, Porto Alegre, p. 99. 2018.

MISURELLI, Hugo; MASSUDA, Clovis. **Paredes de concreto**. Revista TÉCNICA, São Paulo, v. 17, n. 147, p. 74-80, 2009.

MOURA, C. **Aderência de Revestimentos Externos de Argamassa em Substratos de Concreto: influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). UFRGS, Porto Alegre, p.180. 2007.

NASCIMENTO, O. L.; MANSUR, A.A.P.; RIBEIRO, A.B.; MANSUR, H.S.. Estudo da influência de aditivo adesivo e de tipos de cimento na aderência de chapisco em base de concreto. **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**, p. 508-517, 2005.

NOGAMI, L. **Fixação de placas de rochas ornamentais: Estudo da aderência com argamassa colante**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia).USP. São Carlos, 2007.

OLIVEIRA, P. V. **Deslocamento cerâmico em revestimento interno no sistema construtivo paredes de concreto moldadas *in loco***. Monografia (Especialização em Construção Civil). UFMG, Belo Horizonte, 2018.

OLIVEIRA, P.V.; NEVES, R, N.; MARTINS, J, V.; SANTOS, W, J.; CARVALHO JÚNIOR, A, N. **Influência do preparo da parede de concreto moldada *in loco* na aderência do revestimento cerâmico interno**. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas – Goiânia/GO. 2019

OLIVEIRA, P.V.; NEVES, R, N.; MOREIRA, G, A, M.; SANTOS, W, J.; CARVALHO JÚNIOR, A, N. **Deslocamento em revestimento cerâmico interno no sistema construtivo paredes de concreto moldadas *in loco***. In: Congresso de Engenharia Civil – Juiz de Fora/MG. 2019.

PAES, I. L; BAUER, E; CARASEK, H. Influência da estrutura de poros de argamassas mistas de blocos de concreto e cerâmico no desempenho dos revestimentos. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS**, p. 466-476, 2005.

PATURAL, L.; MARCHAL, P.; GOVIN, A.; GROSSEAU, P.; RUOT, B.; DEVÉS, O. Cellulose ethers influence on water retention and consistency in cement-based mortars. **Cement and Concrete Research**, v. 41, n. 1, p. 46-55, 2011.

PEREIRA, E. **Estudo da influência das propriedades de argamassas colantes na resistência de aderência de revestimentos cerâmicos aplicados no assentamento de piso sobre piso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - UFRP. Curitiba,p. 174. 2012.

PEREIRA, E; SILVA, I. J; COSTA, M. R. M. M. Avaliação dos mecanismos de aderência entre argamassa colante e substrato não poroso. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 2, p. 139-149. Porto Alegre, 2013.

PETIT, J-Y.; WIRQUIN, E. Evaluation of various cellulose ethers performance in ceramic tile adhesive mortars. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 40, p. 202-209, 2013.

PINTO, T. M. S. R. **Influência do suporte nas características da argamassa aplicada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de Coimbra. Coimbra,p. 64. 2014.

PÓVOAS, Y. V.; JOHN, V. M. Resistência de aderência x tempo após espalhamento das argamassas colantes. In: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 2000.

PÓVOAS, Y.; JOHN, V.M.; CINCOTTO, M.A. Influência da perda de água por evaporação na resistência de aderência entre argamassa colante e placa cerâmica. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, 4o ., Brasília, 23 a 25 de maio de 2001. Anais. Brasília, 2001.

PÓVOAS, Y. V., **Avaliação da formação de “película” na argamassa colante e sua influência na adesão**. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) - USP. São Paulo, 159 f. 2005.

PRETTO, Márcia Elisa Jacondino. **Influência da rugosidade gerada pelo tratamento superficial do substrato de concreto na aderência do revestimento de argamassa**.180f, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRGS, Porto Alegre, 2007.

ROSA, L. C. **Acabamento de Superfícies; Rugosidade Superficial**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2009.

SADOWSKI, L; STEFANIUK, D; HOŁA, J. The effect of the porosity within the interfacial zone between layers on pull-off adhesion. **Construction and Building Materials**, v. 152, p. 887-897, 2017.

SANTOS JR, W. B. **O sistema paredes de concreto no desenvolvimento do Programa Minha Casa Minha Vida**. Disponível em : <http://www.construirmais.com/revista/index.php/comunidade-da-construcao/302-o-sistema-paredes-de-concreto-no-desenvolvimento-do-programa-minha-casa-minha-vida>. Acessado em 27/01/2019.

SANTOS, P.; JULIO, E.; SILVA, V. Correlation between concrete-to-concrete bond strength and the roughness of the substrate surface. **Construction and Building Materials**, v. 21, n. 8, p. 1688-1695, 2007.

SANTOS, S.R.S. **Argamassas pré-doseadas para rebocos de edifícios recentes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Instituto Superior Técnico. Lisboa, 2009.

SCARTEZINI, L.M.B..**Influência do tipo e preparo do substrato na aderência dos revestimentos de argamassa: estudo da evolução ao longo do tempo, influência da cura e avaliação da perda de água da argamassa fresca.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFG. Goiás, p. 286. 2002.

SIEWCZYNSKA, M. **Effect of Selected Parameters of Concrete on the Adhesion to the Coatings** (in Polish) PhD thesis, Poznan University of Technology, Poznan, 2008.

SILFWERBRAND, J.; BEUSHAUSEN, H. Bonded concrete overlays–bond strength issues. In: **International Conference on Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting, Cape Town, South Africa, Taylor & Francis Group, London.** 2006. p. 19-21.

SILVA, C. O. **Análise crítica dos requisitos e critérios de qualidade da argamassa colante.** 222f, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - USP. São Paulo, p.222, 2003.

SILVA, A. C. M; PONTES, R; SILVA, R. F. Aspectos Normativos (ABNT–NBR 14081–2012) NA Avaliação da Aderência de Duas Argamassas Colantes Industrializadas. **CIENTEC-Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE**, v. 9, n. 1, 2017.

SINDUSCON-SP. **Deslocamento cerâmico é problema setorial e requer mobilização de cadeia produtiva.** 2016. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/deslocamento-ceramico-e-problema-setorial-e-requer-mobilizacao-da-cadeia-produtiva/>>. Acesso em: 28/01/2019

SORGATO, M. J. et al. Avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 119–134, 2014.

STOLZ, Carina Mariane. **Influência da interação entre os parâmetros reológicos de argamassas e a área potencial de contato de substratos na aderência de argamassas de revestimento.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRGS. Porto Alegre p. 162. 2011.

TAHA, M. M. R., SHRIVE, N. G. The use of pozzolans to improve bond and bond strength. In: **Canadian Masonry Symposium**, 9th, Fredericton. Department of Civil Engineering – University of New Brunswick, 2001.

VIEIRA, L. B. – **Projeto de paredes de concreto armado: apresentação das recomendações normativas e avaliação da influência das aberturas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) –UFBA. Salvador, p. 128. 2014.

VITORINO, Stefane Jardim. **Argamassas colantes – NBR 14081/2012.** Trabalho apresentado na disciplina de Materiais de Revestimento (Mestrado do Departamento de Materiais de Construção Civil). UFMG, Minas Gerais, 2013.

ZHAO, H; SUN, W; WU, X; GAO, B. The properties of the self-compacting concrete with fly ash and ground granulated blast furnace slag mineral admixtures. **Journal of Cleaner Production**, v. 95, p. 66-74, 2015.

ZHOU, J; YE, G; VAN BREUGEL, K. Cement hydration and microstructure in concrete repairs with cementitious repair materials. **Construction and Building Materials**, v. 112, p. 765-772, 2016.