



CLÁUDIO RAMALDES MENDONÇA

DANTE TRÉS JUNIOR

DIONI OLIVEIRA BRUMATTE

**DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DA ARGAMASSA COLANTE EM
FUNÇÃO DO TEMPO EM ABERTO DA MISTURA**

VITÓRIA

2014



CLÁUDIO RAMALDES MENDONÇA

DANTE TRÉS JUNIOR

DIONI OLIVEIRA BRUMATTE

**DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DA ARGAMASSA COLANTE EM
FUNÇÃO DO TEMPO EM ABERTO DA MISTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação em Patologia nas Obras Civas, Pós-graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Patologia nas Obras Civas.

Prof. Orientador: Leonardo Roncetti.

Vitória

Dezembro de 2014

FOLHA DE APROVAÇÃO

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DA ARGAMASSA COLANTE EM FUNÇÃO DO TEMPO EM ABERTO DA MISTURA

CLÁUDIO RAMALDES MENDONÇA

DANTE TRÉS JUNIOR

DIONI OLIVEIRA BRUMATTE

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE ESPECIALISTA EM PATOLOGIA NAS OBRAS CIVIS, NO INSTITUTO IDD,
PELA COMISSÃO FORMADA PELOS PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

Vitória (ES), 13 de dezembro de 2014.

Leonardo Roncetti, M. Sc.

Geilma Lima Vieira, Dr^a

Mayra Moreira de Almeida, M. Sc.

RESUMO

Este trabalho visa determinar o comportamento da resistência de aderência à tração da argamassa colante considerando diferentes intervalos de tempos em aberto da mistura após aplicação da argamassa tipo ACIII, para o assentamento da placa cerâmica, com registro de temperatura, umidade do ar e tempo de aplicação. O tempo em aberto é considerado um dos principais requisitos de desempenho das argamassas colantes. Um dos fatores mais importantes que o influencia é a perda de água que ocorre tanto por sucção pela base quanto por evaporação para o meio ambiente. Foi desenvolvido um programa experimental em laboratório com a execução do assentamento de dez corpos de prova de revestimento cerâmico para cada placa. Foram utilizadas sete placas, cada uma representando um tempo em aberto da argamassa colante, a fim de verificar a influência na resistência de aderência à tração ao longo das amostras ensaiadas e diante das condições estabelecidas. Finalmente, com o resultado do programa experimental confirmou-se que realmente há a redução da resistência a tração ao longo dos diferentes tempos em aberto da argamassa comprovando-se também que além dos problemas e dificuldades encontradas nas obras, como a falta de mão de obra especializada, processos executivos viciados e condições ambientais adversas (exposição ao vento e a variações térmicas), é importante divulgar e implantar nos procedimentos de trabalho a atenção para o tempo em aberto da argamassa colante.

Palavras-chave: Argamassa colante, Revestimento, Ensaio de resistência à tração, Patologia.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter nos dado saúde e força para superar as dificuldades.

Ao Instituto IDD, seu corpo docente, direção e administração que propiciaram a janela que hoje nós vislumbramos num horizonte superior, elevado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presente.

A empresa Brascontec Engenharia e Tecnologia Ltda por nos ceder o espaço do seu laboratório para a execução dos ensaios de arrancamentos.

Ao nosso orientador Leonardo Roncetti, pelo suporte e motivação no pouco tempo que lhe coube, pelas suas orientações, correções e incentivos.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	PROBLEMA.....	12
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo Geral	13
1.2.2	Objetivo Específico	13
1.3	HIPÓTESE.....	13
1.4	JUSTIFICATIVAS	13
1.4.1	Justificativas Tecnológicas	15
1.4.2	Justificativas Econômicas.....	15
1.4.3	Justificativas Sociais.....	15
1.4.4	Justificativas Ecológicas.....	15
1.5	LIMITAÇÃO DA PESQUISA	16
1.6	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	16
1.7	APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	FUNÇÕES E PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS.....	18
2.2	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS	19
2.3	ENSAIO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DA ARGAMASSA COLANTE	22
3	SISTEMA DE REVESTIMENTO.....	23
3.1	ARGAMASSAS	23
3.1.1	Histórico	23
3.1.2	Função das argamassas	24
3.1.3	Características das argamassas	25
3.1.4	Classificação das argamassas	27
3.2	ARGAMASSAS COLANTES	31
3.2.1	Histórico	31
3.2.2	Tipos de argamassas colantes	34
3.2.3	Composição dos substratos.....	38

3.3	ASPECTOS RELATIVOS AO TEMPO EM ABERTO NA ARGAMASSA COLANTE.....	40
3.3.1	Formação de película.....	40
3.3.2	Perda de água.....	42
4	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NOS REVESTIMENTOS CERÂMICOS	44
4.1	DESTACAMENTOS OU DESCOLAMENTO	45
4.2	TRINCAS, GRETAMENTO E FISSURAS.....	47
4.3	EFLORESCÊNCIA	49
4.4	DETERIORAÇÃO DAS JUNTAS	52
4.5	BOLOR OU MOFO.....	53
4.6	MANCHA D'ÁGUA	54
5	PROGRAMA EXPERIMENTAL	56
5.1	PADRÃO NORMATIVO.....	56
5.2	PROJETO PILOTO	56
5.3	PROGRAMA DEFINITIVO	59
5.3.1	Materiais e equipamentos utilizados	59
5.3.2	Preparo dos Corpos-de-Prova.....	63
5.3.3	Ensaio de arrancamento.....	70
7	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	74
7.1	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	74
7.2	GRÁFICOS.....	77
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	78
8.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
8.2	TRABALHOS FUTUROS	79
	REFERÊNCIAS	80
	APÊNDICE A – Ensaio de arrancamento à tração.....	85
	ANEXO A – Ficha técnica da argamassa colante Arga Plus (AC III).....	93
	ANEXO B – Ficha técnica da placa cerâmica (Porcelanato).....	99
	ANEXO C – Relatório de ensaios – SENAI.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação dos agentes de deterioração.....	21
Tabela 2. Classificação dos agentes de deterioração e do mecanismo de degradação a eles associados.	21
Tabela 3. Propriedades fundamentais para argamassas colantes.....	36
Tabela 4. Propriedades opcionais para argamassas colantes.	36
Tabela 5. Composição das argamassas colantes.....	37
Tabela 6. Resultado do ensaio de resistência à tração (após 11 dias de cura) – Projeto Piloto.....	58
Tabela 7. Resultado do ensaio de resistência à tração – Definitivo.	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fachada com deslocamento generalizado de placas cerâmicas.....	20
Figura 2. Evolução da edificação Romana – Coliseu a partir do uso de aglomerantes a base de cal e agregados graúdos.....	23
Figura 3. Aplicação de uma argamassa convencional.....	32
Figura 4. Croqui esquemático da execução da junta de movimentação.....	38
Figura 5. Modelo simplificado do processo de formação da película sobre o cimento hidratado	40
Figura 6. Película formada em uma argamassa aditivada com EVA	41
Figura 7. Edifícios com destacamento de placas cerâmicas de fachada.....	46
Figura 8. Deslocamento do revestimento cerâmico.....	47
Figura 9. Ruptura no corpo da placa cerâmica de piso.....	48
Figura 10 - Ruptura no corpo da placa cerâmica provocada por variações de temperatura.....	49
Figura 11 - Eflorescências em fachadas de edifícios com placas cerâmicas.....	50
Figura 12 - Eflorescência entre o revestimento cerâmico de piso e a parede externa da piscina..	51
Figura 13 - Deterioração do rejunte seguido de infiltração na parte interna do ambiente.	53
Figura 14 - Proliferação de fungos na argamassa de rejuntamento.....	54
Figura 15. Detalhe da fixação da pastilha cerâmica 45x45mm.....	57
Figura 16. Equipamento utilizado Proceq dy-206 e peças constituintes do sistema de acoplamento do equipamento.	59
Figura 17. Pastilha metálica seção quadrada de 50 mm de lado.	60
Figura 18. Adesivo estrutural epóxi – Bautech ultra TIX.	60
Figura 19. Argamassa colante Arga Plus AC III.....	62
Figura 20. Pastilha cerâmica 50 x 50mm.	63
Figura 21. Substrato padrão de concreto normatizado pela ABNT 14081-2.	64
Figura 22. Dosagem da argamassa.	65
Figura 23. Dosagem da água.	65
Figura 24. Mistura da argamassa.....	66
Figura 25. Aplicação da argamassa.	66
Figura 26. Formação dos cordões no sentido longitudinal do substrato.	67
Figura 27. Pastilhas cerâmicas 50 x 50 mm.	67

Figura 28. Modelo do ensaio e respectivos tempos em aberto.....	68
Figura 29. Espalhamento da argamassa colante.	68
Figura 30. Sequência de três placas de ensaio já com o posicionamento das dez placas cerâmicas sobre quatro cordões de argamassa colante com os respectivos tempos em aberto (10, 15, 20 minutos).	69
Figura 31. Teste de aderência com placa cerâmica adicional, removendo imediatamente após o assentamento, observando o verso se estava totalmente impregnado de argamassa colante.	69
Figura 32. Colagem das pastilhas metálicas sobre as placas cerâmicas.	70
Figura 33. Ensaio de arrancamento das placas cerâmicas.	71
Figura 34. Tipos de ruptura.	72
Figura 35. Regressão aplicada aos resultados do ensaio de resistência de aderência.	77

NOTAÇÃO E SIMBOLOGIA

Letras Latinas

HEC - Hidroxetil celulose

HEMC - Metil Hidroxetil celulose

EVA - Co-polímero poli (acetato de vinila) - etileno

SBR - Estireno butadieno

PAE - Poliéster acrilato

N - Unidade de força que corresponde à força exercida sobre um corpo de massa igual a um quilo que lhe induz uma aceleração na mesma direção e sentido da força de 1 m/s.

Ra - Resistência de aderência à tração (MPa);

P - Carga de ruptura (N);

A - Área da pastilha (mm²);

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho determinará se o extrapolar do tempo em aberto da argamassa colante reduz a resistência de aderência à tração no revestimento cerâmico.

Para abordagem do tema desenvolveu-se um programa experimental com a execução do assentamento de revestimento cerâmico, com diferentes tempos em aberto da argamassa colante, para posterior ensaio de resistência de aderência à tração. Para tanto, foram analisados os resultados do comportamento da argamassa em relação aos diferentes tempos em aberto e registrando as condições de aplicação tais como: temperatura, umidade do ar, tempo de aplicação e procedimentos da realização do ensaio segundo determinações normativas.

A argamassa de cimento colante a ser utilizado é o do tipo ACIII que tem a característica de argamassa externa utilizada em condições severas de uso, resistente a altas tensões de cisalhamento nas interfaces substrato/adesivo e placa/adesivo, com uma aderência superior entre as interfaces quando comparado com ACI e ACII.

O problema de pesquisa bem como os objetivos, hipóteses e justificativas serão apresentados a seguir, assim como uma visão geral da abordagem do trabalho.

1.1 PROBLEMA

Segundo Póvoas (1999), o tempo em aberto é considerado um dos principais requisitos de desempenho das argamassas colantes. Um dos fatores mais importantes que o influencia é a perda de água. Ela ocorre tanto por sucção pela base quanto por evaporação para o meio ambiente.

Essa perda de água diminui progressivamente a resistência de aderência do revestimento cerâmico causando a manifestação patológica de deslocamento do revestimento.

Assim, tempo em aberto é definido pela NBR 14081 (ABNT, 2012) Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas - Parte 1: Requisitos, como o maior intervalo de tempo para o qual uma placa cerâmica pode ser assentada sobre a pasta de argamassa colante, a qual proporcionará, após um período de cura, resistência à tração simples ou direta.

1.2 OBJETIVOS

Acreditando nas possibilidades de evolução dos revestimentos cerâmicos e no seu imenso potencial de uso, o trabalho desenvolvido tem o propósito de analisar a resistência da argamassa colante (agente ligante) diante da exposição ao tempo em aberto durante o processo executivo de assentamento do revestimento cerâmico.

1.2.1 Objetivo Geral

Determinar se o extrapolar do tempo em aberto da argamassa colante reduz a resistência de aderência à tração de uma mesma mistura para o assentamento de revestimentos cerâmicos.

1.2.2 Objetivo Específico

São objetivos específicos desse trabalho determinar a resistência a tração da argamassa colante em função dos diferentes tempos em aberto de uma mesma mistura utilizando-se da metodologia adaptada apresentada pela norma NBR 14081-3 (ABNT, 2012) que prescreve o método do ensaio.

1.3 HIPÓTESE

Diante das manifestações patológicas de assentamento do revestimento cerâmico, dificuldade de mão de obra especializada, exigência de alta produtividade da mão de obra, processos executivos viciados, exposição da mistura da argamassa colante a intempéries, presume-se que o extrapolar do tempo em aberto da argamassa colante reduz a resistência à tração do revestimento cerâmico.

1.4 JUSTIFICATIVAS

O Brasil possui condições climáticas muito favoráveis ao uso de revestimentos cerâmicos. O clima predominantemente tropical e chuvoso torna esta opção das mais interessantes, tanto pelo aspecto do desempenho como pela durabilidade. Em cidades litorâneas, por exemplo, esta tendência torna os revestimentos cerâmicos quase uma

unanimidade para o mercado consumidor, sendo seu uso muitas vezes associado ao próprio padrão de qualidade da construção.

Medeiros e Sabbatini (1999) observam que esta preferência tem razões claras. Os revestimentos cerâmicos possuem inúmeras vantagens em relação aos demais revestimentos tradicionais – incluindo as pinturas, placas pétreas, tijolos aparentes, argamassas decorativas – onde se destacam pela maior durabilidade, valorização estética, facilidade de limpeza, possibilidades de composição harmônica, maior resistência à penetração de água, conforto térmico e acústico da fachada e valorização econômica do empreendimento.

Embora sejam largamente empregados em nosso país e em praticamente todo o mundo, os revestimentos cerâmicos ainda carecem de muitas melhorias e evolução tecnológica, notadamente no que diz respeito à tecnologia de produção de fachadas. As grandes incidências de manifestações patológicas atestam esta necessidade.

Existem normas brasileiras que estabelecem condições mínimas de qualidade tanto para produção quanto para utilização dos elementos do sistema de revestimento cerâmico. Porém, na prática, estas normas não são consideradas e, muitas vezes, são até desconhecidas pelos profissionais responsáveis pela execução dos revestimentos cerâmicos. O resultado é um número de revestimentos com os mais diversos defeitos.

Conforme Verçoza (1991), as características construtivas modernas favorecem o aparecimento de manifestações patológicas nas edificações. As construções são realizadas buscando-se o máximo de economia e o menor tempo de execução. Klein (1999) cita, ainda, a má qualidade da mão de obra, responsável por muitas das manifestações patológicas verificadas. Segundo este autor, a vida útil de uma construção irá depender e será relacionada com os cuidados que forem tomados na fase de execução. Igualmente importantes estão os cuidados nas fases de projeto e manutenção.

Para se obter o melhor resultado possível com o revestimento cerâmico, além da mão de obra especializada, a placa cerâmica deve ser ideal para cada ambiente e há a necessidade de um estudo detalhado de como o substrato deve ser executado. A escolha das argamassas colante e do rejuntamento deve ser apropriada para cada caso e deve haver um dimensionamento criterioso das juntas.

As manifestações patológicas de revestimento são difíceis de recuperar e requerem custos elevados. Muitas vezes, quando se manifestam visualmente, já há comprometimento da integridade do revestimento. E o custo para recuperação podem facilmente suplantam os custos da execução original.

Com o advento do Código de Defesa do Consumidor (BRASIL, 1990), do PROCON e as exigências crescentes dos consumidores, torna-se cada vez mais importante o aprimoramento das técnicas construtivas, especialização da mão de obra, aprimoramento dos métodos de gerenciamento e controle de qualidade nas áreas revestidas com placas cerâmicas.

1.4.1 Justificativas Tecnológicas

Divulgar as melhores práticas da execução do processo de assentamento cerâmico bem como a correta utilização da argamassa colante visando o aprimoramento da qualidade, produtividade e baixos custos, pode-se reduzir os processos executivos viciados e a busca contínua por melhorias.

1.4.2 Justificativas Econômicas

Garantir a vida útil de projeto aumentando a durabilidade do edifício e reduzindo o custo com correções indesejáveis provenientes de manifestações patológicas.

1.4.3 Justificativas Sociais

Evitar o desgaste físico e emocional do dono do imóvel que sofre com as consequências das manifestações patológicas, além de garantir a segurança e proteção da comunidade por intermédio da correta execução e melhoria contínua do processo.

1.4.4 Justificativas Ecológicas

Evitar que o imóvel fique insalubre (umidade, fungos e mofo) garantindo a durabilidade e manutenibilidade sem que haja a geração de resíduos, em função de retrabalhos. Além dos resíduos, os retrabalhos também geram maior utilização dos recursos naturais.

1.5 LIMITAÇÃO DA PESQUISA

Esse trabalho limitou-se ao ensaio experimental de aplicação de revestimento cerâmico em condições de laboratório a fim de determinar as resistências à tração da argamassa colante em função dos diferentes tempos em aberto de uma mesma mistura utilizando a metodologia adaptada da norma NBR 14081 (ABNT, 2012) que prescreve o método do ensaio.

Esse ensaio se restringiu as condições controláveis da quantidade dos componentes da mistura, com registro da temperatura, umidade do ar e controle do tempo, não sendo considerados no estudo o efeito do vento e a evaporação promovida pela exposição às intempéries.

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A proposta deste projeto de pesquisa é verificar o extrapolar do tempo em aberto das argamassas colantes. Tal verificação se desdobrará em duas etapas.

Inicialmente foi realizado uma revisão bibliográfica, junto às normas aplicáveis, artigos científicos, dissertações, teses, monografias e livros editados sobre o assunto.

Em seguida, se desenvolveu um programa experimental com a execução do assentamento de revestimento cerâmico, com diferentes tempos em aberto da argamassa de cimento colante, para posterior ensaio de resistência de aderência à tração. Para tanto, foram analisados os resultados do comportamento da argamassa em relação ao tempo em aberto e registrado as condições de aplicação tais como: temperatura, umidade do ar e horário de aplicação. Na sequência foram executadas as seguintes atividades para a preparação do ensaio: verificação das condições da base, mistura da argamassa colante, aplicação da argamassa colante e ensaios de arrancamento.

Finalmente, com o programa experimental foi realizada uma análise dos resultados obtidos.

1.7 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

Estrutura-se o presente trabalho em oito capítulos, cujo conteúdo é resumido a seguir.

Além deste capítulo 1, o capítulo 2 expõe a Revisão Bibliográfica contendo o conceito, o histórico das argamassas, bem como as funções, características, tipos e classificações.

No capítulo 3 expõem o Sistema de Revestimentos Cerâmicos, bem como os materiais, métodos de execução e desempenhos.

O capítulo 4 apresenta as manifestações patológicas nos revestimentos cerâmicos classificando-as quanto ao tipo e suas diversas formas de aparecimento.

No capítulo 5 é descrito o programa experimental adotado para determinar as diferentes resistências à tração decorrentes dos tempos em aberto da argamassa colante.

O capítulo 6 apresenta os resultados obtidos no programa experimental.

Finalmente o capítulo 7 apresenta as considerações finais sobre o procedimento experimental, considerações sobre os resultados numéricos, além de apresentar recomendações para trabalhos futuros.

Nos apêndices são apresentados dados e resultados complementares.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo foram abordadas as principais fontes de consulta baseado em normas técnicas, livros, artigos em periódicos científicos, teses e dissertações.

2.1 FUNÇÕES E PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS

Segundo a NBR 7200 (ABNT, 1998), argamassa é a mistura de aglomerantes, agregados e água, possuindo capacidade de endurecimento e aderência.

A NBR 13281 (ABNT, 2001) prescreve que argamassa é a mistura homogênea de agregado(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos e adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalações próprias (argamassas industrializadas).

Os revestimentos de argamassa têm como função proteger os elementos de vedação das edificações da ação direta dos agentes agressivos, auxiliar as vedações no cumprimento das suas funções, regularizar a superfície dos elementos de vedação, servir de base para aplicação de outros revestimentos ou constituir-se no acabamento final.

Segundo a NBR 14081 (ABNT, 2012), argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 1: Requisito - é um produto industrial, no estado seco, composto de cimento Portland, agregados minerais e aditivos químicos, que quando misturados com água, forma uma massa viscosa, plástica e aderente, empregada no assentamento de placas cerâmicas para revestimento.

Segundo Recena (2011), o conhecimento das argamassas carece de divulgação, sendo até hoje extremamente escassa a bibliografia sobre o assunto levando a crer que em um determinado momento a técnica de produção de boas argamassas ficou comprometida pela simplificação, não tendo sido resgatada, haja vista a quantidade de problemas ainda observados. Para que os revestimentos argamassados possuam um comportamento adequado, sem manifestações patológicas e com maior durabilidade, é necessário o conhecimento de suas propriedades específicas e de seu conjunto, permitindo avaliar seu comportamento em diversos momentos e situações.

Segundo Fiorito (2009), desde o começo da década de 1970, que marca o início da existência das argamassas colantes, foram utilizadas milhares de toneladas do produto para,

praticamente, todo o território nacional e com sucesso nas mais variadas situações dos revestimentos: pisos, paredes, interiores, exteriores, piscinas, fachadas, terraços, coberturas, etc.

Muitas fábricas de argamassa colante proliferaram e, devido à inexistência inicial de especificações, nem sempre a qualidade norteou sua produção. Hoje em dia, a qualidade e diversidade de produtos vem sendo discutidas, e, por certo, o mercado consumidor deverá se tornar mais sensível ao uso de produtos de melhor desempenho.

2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS

As manifestações patológicas ocorrem de diversas formas sendo as principais por aparecimento de descolamentos, deslocamentos, fissuras, falhas de vedação, manchas como eflorescência e sua manifestação nunca é atribuída a uma única causa, geralmente é resultante da combinação de vários fatores.

Segundo Thomaz (1989) não raras vezes têm-se projetos incompatíveis ou mal detalhados. Pode-se considerar ainda a interferência de todos os projetos de instalações, as falhas de planejamento, a carência de especificações técnicas, ausência de mão de obra qualificada, deficiência de fiscalização e, muitas vezes, as imposições políticas de prazos e preços. Por isso, quando se chega à fase de execução da obra, uma série de improvisações e malabarismos é adotada para se tentar produzir um edifício de boa qualidade e que atenda às exigências mínimas de qualidade.

As manifestações patológicas nos sistemas de revestimento cerâmico são caracterizadas pela deterioração em parte ou todo o sistema. Basicamente temos dois níveis de manifestações: que não geram risco ao usuário e que geram riscos ao usuário, como por exemplo, o destacamento de uma placa cerâmica.

De acordo com Lichtenstein (1985), o termo patologia, para a área da construção civil, é “a ciência que estuda as origens, causas, mecanismos de ocorrência, manifestações e consequências das situações nas quais o edifício, ou suas partes não apresente um desempenho mínimo preestabelecido”.

Figura 1. Fachada com deslocamento generalizado de placas cerâmicas.



Estudos classificam as manifestações patológicas nos sistemas de revestimento cerâmico. Há divergências das possíveis causas e origens. Muitas vezes a combinação de fatores resulta na ocorrência da manifestação patológica.

Para Casimir (1994), os problemas patológicos observados nas edificações, independente das suas formas de manifestação, podem ter origem em enorme gama de fatores, em função da grande complexidade dos vários subsistemas envolvidos, inerentes aos processos construtivos.

Perry, West (1994) classifica as manifestações patológicas mais comuns segundo a camada onde ocorrem: defeito das placas cerâmicas, falhas no substrato e falhas no adesivo.

De acordo com Medeiros (1999), as manifestações patológicas nos sistemas de revestimento cerâmicos de fachadas podem ser resultado de uma combinação de fatores, como por exemplo, os destacamentos e fissuras que podem ser originadas pela propagação de fissuras ocorridas na interface do revestimento com a estrutura, na falta de reforço no substrato (emboço), na falta de “juntas de controle”, no preenchimento inadequado das juntas de assentamento, na falta de argamassa de fixação no verso das placas cerâmicas e na falha na observação dos tempos em aberto e de ajuste da argamassa de fixação.

Campante (2001) propôs uma classificação baseada nos efeitos que cada agente causa, que pode ser resumida na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação dos agentes de deterioração.

Natureza	Agente	Efeitos
Mecânica	Tensões induzidas	- Retração na argamassa de fixação - Retração na argamassa de rejuntamento - Deformação lenta da estrutura de concreto armado
	Água	Infiltração pelo rejunte
Eletromagnética	Radiação solar	Fotodegradação de rejuntas e juntas elastoméricas
Térmica	Radiação solar	- Choque térmico - Pressão de vapor - Aquecimento (dilatação)
	Água	- Choque térmico - Pressão de vapor
Química	Água	Veículo para chuva ácida
Biológica	Água	Meio de cultura para bactérias, fungos e algas

Fonte: (CAMPANTE 2001)

A Tabela 2, proposta por Campante (2001), apresenta os agentes de deterioração externos mais frequentes. Estão separados de acordo com o critério da natureza de seu mecanismo de atuação.

Tabela 2. Classificação dos agentes de deterioração e do mecanismo de degradação a eles associados.

Agente	Mecanismo
Água	- Mecânico - Descolamento por expansão por umidade das placas cerâmicas - Penetração de umidade nas camadas do RCF - Manchamentos nas placas cerâmicas
Ventos	- Mecânico - Descolamentos pela ocorrência de pressões negativas nas fachadas - Penetração de umidade nas camadas do RCF
Luz solar	- Mecânico - Descolamentos por choques térmicos - Descolamentos causados por pressão de vapor d'água - Fotodegradação - Alterações nos rejuntas/juntas elastoméricas - Manchamento nos rejuntas/juntas elastoméricas
Poluentes	- Ataque químico - Alterações nos rejuntas/juntas elastoméricas - Manchamento nos rejuntas/juntas elastoméricas - Mecânico - Degradação das camadas do subsistema
Fungos Algas	- Ataques biológicos - Alterações nos rejuntas/juntas elastoméricas - Manchamento nos rejuntas/juntas elastoméricas

Fonte: (CAMPANTE, 2001)

Como se pode observar na Tabela 2, vários agentes e mecanismos podem atuar nos sistemas de revestimento cerâmico. Pode-se considerá-los como os contribuintes para a ocorrência de manifestações patológicas, como os destacamentos de placas cerâmicas.

2.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DA ARGAMASSA COLANTE

Segundo a NBR 14081-3 (ABNT, 2012), argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas, Parte 3: Determinação do tempo em aberto, estabelece um método para determinação do tempo em aberto para argamassa colante industrializada destinada ao assentamento de placas cerâmicas em pisos e paredes pelo método da camada fina, utilizando carga estática. A resistência de aderência à tração é definida como a resistência à ruptura por tração, em determinada idade e condições de cura, do conjunto constituído de substrato-padrão, argamassa colante endurecida e placa cerâmica.

A NBR 14081 (ABNT, 2012), argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas, Parte 1: Requisitos, define tempo em aberto como sendo o maior intervalo de tempo no qual uma placa cerâmica pode ser assentada sobre a pasta de argamassa colante.

Segundo Povoas, John, Cincotto (1999), a resistência de aderência das argamassas adesivas, diminui com o tempo decorrido entre o seu espalhamento e o assentamento da placa cerâmica.

3 SISTEMA DE REVESTIMENTO

Abordam-se neste capítulo as características principais das argamassas, histórico, funções, características, classificação e argamassas industrializadas.

3.1 ARGAMASSAS

Trata-se neste item das informações gerais sobre as argamassas, bem como funções, características, classificações amplas e específicas, expondo-se o histórico evolutivo do uso até chegar no Brasil.

3.1.1 Histórico

Segundo Recena (2011), desde épocas remotas o homem emprega materiais que tem a finalidade de unir solidariamente elementos de várias naturezas na construção de edificações. Do antigo Egito, há relatos do emprego de um aglomerante natural caracterizado como um geopolímero obtido de resíduos das minas de cobre existentes no monte Sinai, podendo ser misturado com outro aglomerante constituído por gesso impuro calcinado, existindo uma teoria que diz serem os imensos blocos de pedra, com os quais foram construídas as pirâmides, na realidade blocos de argamassa fundidos no próprio local.

Os gregos conheciam bem a cal e suas aplicações, sendo creditada aos romanos sua mistura com agregados graúdos entre os quais, seixos rolados, areias e fragmentos de cerâmica vermelha na composição de concretos rudimentares. Mais tarde, para melhorar o desempenho das argamassas frente à umidade, os romanos passaram a incorporar às misturas de cinzas vulcânicas obtidas na região de Pozzuoli, de onde se origina o nome pozolana.

Figura 2. Evolução da edificação Romana – Coliseu a partir do uso de aglomerantes a base de cal e agregados graúdos.



De alguma forma, este material obtido da mistura de cal e pozolana podem ser considerados o primeiro aglomerante da história com características hidráulicas com o qual foram erigidas muitas construções que se mantêm estáveis até os dias de hoje.

No Brasil, conforme informações citadas por RECENA (2011) tem-se o registro da instalação das primeiras caieiras no ano de 1549. Essas unidades produziam cal a partir da calcinação de conchas marinhas obtidas dos abundantes depósitos existentes na Bahia. O material obtido destinava-se à produção de argamassas e para pintura, na construção e manutenção do casario da época, sendo possível dizer que o emprego da cal no Brasil é tão antigo quanto o próprio país.

O cimento Portland, como conhecido hoje em dia, pode ser considerado uma evolução desses primeiros aglomerantes, defasado de alguns séculos devido, também, ao obscurantismo que caracterizou a Idade Média.

3.1.2 Função das argamassas

Ainda de acordo com Recena (2011), qualquer material empregado isoladamente ou compondo sistemas deve desempenhar funções definidas em uma edificação. Inclusive garantindo o efeito estético esperado. No caso das argamassas, consideradas como um elemento de um sistema e não isoladamente como um material, levando em consideração sua interação com o substrato e com o ambiente, é possível admitir como funções primordiais as seguintes:

- Impermeabilizar o substrato de aplicação;
- Garantir bom acabamento ao paramento revestido;
- Absorver as deformações naturais a que uma estrutura está sujeita;
- Regularizar e/ou proteger mecanicamente substratos constituídos por sistemas de impermeabilização ou isolamento termo acústico.

No caso do emprego em assentamento, espera-se ainda que as argamassas possam:

- Unir solidariamente entre si os elementos que compõem uma alvenaria;
- Garantir a adesão ao substrato de elementos de revestimento em pisos ou fachadas;
- Distribuir de forma uniforme os esforços atuantes em uma alvenaria;
- Garantir a impermeabilidade das alvenarias de elementos à vista (sem revestimento).

Para o cumprimento das funções relacionadas, as argamassas deverão necessariamente apresentar as seguintes propriedades:

- Trabalhabilidade adequada à função a que se destinam;
- Eficiente capacidade de retenção de água;
- Durabilidade compatível com a vida útil prevista para as edificações;
- Estabilidade química frente aos agentes de deterioração e sem a ocorrência de alterações em seus constituintes representadas por reações retardadas;
- Estabilidade física a partir de uma resistência mecânica compatível com as solicitações determinadas por ciclos alternados de molhagem e secagem;
- Capacidade de aderir ao substrato formando um sistema com resistência de aderência compatível com as solicitações;
- Módulo de elasticidade tão baixo quanto o necessário para dotar as argamassas de capacidade de absorver por deformação tensões internas geradas pela movimentação da estrutura e/ou dos materiais que a compõem.

3.1.3 Características das argamassas

As principais características das argamassas, segundo Recena (2011) são: Trabalhabilidade, durabilidade, retenção de água, capacidade de absorver deformações e aderência ao substrato.

- a) **Trabalhabilidade** – é um conceito subjetivo que deve ser entendido como a maior ou menor facilidade de dispor a argamassa em sua posição final, cumprindo adequadamente sua finalidade, sem comprometer o bom andamento da tarefa em termos de rendimento e custo.

A modificação da trabalhabilidade estará sempre ligada diretamente à quantidade de água empregada em sua preparação, desde que haja uma quantidade tal de material fino, preferencialmente aglomerante, suficiente para reter a água adicionada, garantindo a estabilidade do volume e a coesão necessária para promover a aderência instantânea sem a ocorrência de segregação de seus constituintes.

- b) **Durabilidade** - é um conceito que pode ser entendido de uma forma mais simples como sendo a capacidade de uma argamassa em manter sua estabilidade química e física ao longo do tempo em condições normais de exposição a um determinado ambiente, desde que submetida aos esforços que foram considerados para o seu projeto, sem deixar de cumprir as funções para as quais foi projetada.

Em condições normais, não havendo exigências especiais de resistência mecânica, a durabilidade de uma argamassa de assentamento e principalmente de revestimento estará intimamente ligada à presença de umidade e de sais solúveis passíveis de serem lixiviados.

Quanto maior a presença de umidade, tanto maior deverá ser a participação de aglomerantes hidráulicos na formulação da argamassa, influenciando diretamente na resistência mecânica e o módulo de deformação, já que a resistência à umidade sempre estará diretamente ligada à quantidade de cimento Portland empregado.

Em conclusão, depreende-se que as argamassas empregadas no revestimento externo das paredes de uma edificação devem ser dosadas com uma quantidade maior de cimento do que aquela empregada em argamassas com outras funções, assim como assentamento ou revestimentos internos, já que estarão mais intensamente sujeitas à ação deletéria da umidade.

- c) **Retenção de água** - é a capacidade de uma argamassa de liberar demoradamente a água empregada na sua preparação para o meio ambiente ou para substratos porosos. Quanto maior a quantidade de água empregada na preparação de uma argamassa, maior igualmente o volume de água a ser evaporado, gerando sempre retração por maior que seja a capacidade de uma mistura em reter água.

A capacidade das argamassas em reter água é também de muita importância na garantia da aderência aos substratos, evitando o deslocamento de porções de argamassa empregadas em revestimentos de paredes e garantindo a homogeneidade das alvenarias pela manutenção da união de vários elementos que a compõem na formação de um todo compacto.

- d) **Capacidade de absorver deformações** - em geral as argamassas são usadas para unir ou revestir elementos fabricados com materiais de diferentes naturezas e, conseqüentemente, diferentes comportamentos com relação à capacidade de absorção de água e à deformação causada por ação térmica ou higrométrica.

Uma mesma argamassa recobre, em revestimentos, materiais de diferentes coeficientes de dilatação térmica num mesmo paramento vertical, assim como concreto armado e alvenaria de tijolos cerâmicos, devendo absorver de forma eficiente deformações diferenciais advindas da resposta dada pelos diferentes materiais às solicitações oriundas das constantes variações térmicas e/ou higrométricas.

- e) **Aderência ao substrato** - é uma das características mais importantes das argamassas é, sem dúvida nenhuma, sua capacidade de manter-se aderida ao substrato, seja no assentamento, com a finalidade de unir elementos em uma

alvenaria, ou em revestimentos, mesmo diante de movimentações diferenciadas, choques térmicos, impactos e outras solicitações. Devido à importância dessa característica, é necessário conhecer o mecanismo de funcionamento e as variáveis intervenientes no processo.

A resistência de aderência deve ser entendida como o resultado do comportamento de um sistema, dependendo tanto das características da argamassa como das características do substrato de aplicação. A eficiência da aplicação, sempre relacionada com o fator humano, por vezes torna-se a variável mais importante do processo.

Outros aspectos tais como a temperatura do ar, sua velocidade e sua umidade podem determinar que os mesmos materiais acabassem por definir sistemas de revestimento com desempenhos em muito diferenciados.

Superfícies muito lisas definirão certamente sistemas de baixa resistência de aderência, por melhor que possa ser a argamassa empregada.

3.1.4 Classificação das argamassas

As argamassas podem ser classificadas de várias maneiras, quanto à forma de endurecimento e resistência à umidade, quanto à natureza do aglomerante, quanto a sua utilização, quanto ao volume de pasta, quanto à granulometria do agregado e quanto à forma de produção.

- a) **Quanto à forma de endurecimento e resistência à umidade:** Normalmente esta classificação é empregada de forma análoga à dada aos aglomerantes minerais que podem ser hidráulicos ou aéreos. Os primeiros precisam de água para hidratação dos compostos básicos e devem ser, após o endurecimento, que se verificarão mesmo em condições de saturação, resistentes à ação da umidade.

Enquadra as argamassas que empregam o cimento Portland como aglomerante único ou em misturas cujas características são definidas pelo comportamento do cimento Portland. Os aglomerantes aéreos dependem da exposição ao ar e não apresentam boa resistência à umidade após o seu endurecimento.

- b) **Quanto à natureza do aglomerante:** São classificadas como minerais e poliméricas.

Os minerais são aquelas produzidas a partir do emprego de um ou mais aglomerantes minerais, entendendo-se como aglomerantes minerais aqueles que são obtidos a partir de insumos constituídos de minerais naturais, que sofrem algum processo industrial de transformação, ou empregados *in natura*, sendo o entendimento dos processos de endurecimento ou das reações químicas que os determinam, baseado nos conhecimentos da química inorgânica.

Argamassas de cimento Portland

São as argamassas obtidas apenas da mistura de cimento Portland, de qualquer tipo, e agregado miúdo. Dependendo do traço e da relação água/cimento, podem apresentar elevadas resistências mecânicas, sempre obedecendo à lei de Abrams.

Argamassas de cal

É a argamassa obtida apenas da mistura de cal e agregado miúdo. Apresentam normalmente baixa resistência mecânica com endurecimento lento. Como a cal é um aglomerante aéreo, apresentam baixa resistência à umidade. Seu emprego deve ser limitado a locais secos e bem arejados, caso contrário será fundamental a adoção de algum sistema de impermeabilização.

Argamassas mistas de cimento e cal

É um material intermediário entre as argamassas de cimento e as argamassas de cal. Nessas argamassas, a resistência mecânica, é empregada em função de sua grande plasticidade e capacidade de retenção de água, permitindo a obtenção de uma argamassa com grande volume de pasta, mas com uma resistência mecânica muito menor do que aquela esperada em argamassas de mesmo volume de pasta produzidas apenas com cimento Portland e, conseqüentemente, com menor módulo de deformação.

Argamassas de gesso

Assim são chamadas as argamassas onde o aglomerante empregado é o gesso.

Argamassas poliméricas

Quando o endurecimento ocorre a partir de uma reação de polimerização, estamos diante de um aglomerante polimérico obtido por síntese química.

São em geral de elevado custo se comparadas às argamassas tradicionais, sendo empregadas em condições específicas principalmente em trabalhos de recuperação estrutural ou onde igualmente seja necessário um desempenho diferenciado de resistência mecânica, ou resistência química, em se tratando de ambientes agressivos.

c) **Quanto à utilização**

Argamassas de assentamento

São argamassas empregadas no assentamento de elementos de alvenarias. Tem como funções distribuir uniformemente as cargas atuantes, absorver da melhor maneira possível as deformações a que uma alvenaria está sujeita, impermeabilizar ou contribuir para a impermeabilização das paredes, além de unir solidariamente os elementos da alvenaria, na formação de um todo compacto. Tanto podem ser argamassas aéreas, ricas em cal, como aquelas empregadas na elevação de paredes de uma edificação, como hidráulicas, no caso de um alicerce feito em alvenaria de pedras sujeito à ação direta da umidade.

Argamassas de revestimento

As argamassas de revestimento são empregadas, como o próprio nome sugere, no revestimento de alvenarias em paredes, em muros ou em estruturas de concreto armado.

Deverão apresentar adequada resistência de aderência ao substrato além de contribuir de forma importante para a impermeabilidade e, em menor escala, para o isolamento termoacústico, emprestando um bom aspecto ao elemento revestido e assumindo importância quanto ao fator estético das edificações.

Argamassas de fixação

São argamassas empregadas na fixação de elementos cerâmicos de revestimento. No início, apenas azulejos, hoje, uma quantidade enorme de peças ou elementos cerâmicos, como referidos pela normalização vigente, diversas em suas formas, dimensões, espessuras e processos de fabricação, o que exige materiais e técnicas distintas para sua aplicação sobre o substrato.

Atualmente as argamassas para fixação de revestimentos cerâmicos foram substituídas por argamassas colantes que, como o próprio nome diz, funcionam em

camadas de pequena espessura atuando efetivamente como colas. O substrato deve ser previamente regularizado com uma argamassa de boa resistência mecânica, constituindo o emboço sobre o qual deverá ser aplicada a argamassa colante e, imediatamente, o elemento cerâmico que representará o revestimento final.

Argamassas de regularização

São argamassas empregadas na regularização de paramentos verticais ou horizontais. No caso de paramentos verticais, esta função é desempenhada pelas argamassas de revestimento, principalmente aquelas classificadas com emboço. No caso de pisos, muitas vezes a argamassa empregada é chamada de contrapiso já que seu emprego pressupõe a preparação do substrato para a aplicação de um revestimento posterior que pode ir do carpete ao taco de madeira.

Argamassas de recuperação e proteção

Em muitas situações durante os trabalhos de recuperação de estruturas é necessário reconstituir peças ou restaurar a camada de cobrimento sobre as armaduras. Nem sempre em função das dimensões das peças é possível empregar concreto, sendo o emprego de argamassas, a única alternativa. Estas argamassas devem apresentar características especiais, como baixa permeabilidade e grande aderência ao substrato, já que deverão ser responsáveis pela durabilidade da peça recuperada através da proteção a ser exercida sobre a armadura, garantindo o isolamento do metal com relação ao exterior.

- d) **Quanto à granulometria do agregado:** As argamassas quanto à granulometria dos agregados podem ser classificadas em finas, médias e grossas. No passado, eram trabalhadas em revestimento de paredes duas argamassas: uma empregando uma areia mais grossa para o emboço e outra, areia fina para o reboco.
- e) **Quanto à forma de produção:** As argamassas podem ser industrializadas, semi-industrializadas ou feitas em obra.

Argamassas industrializadas

Por industrializadas o mercado identifica aquelas argamassas que chegam à obra necessitando apenas do acréscimo de água para serem utilizadas. São produzidas por processos industriais bem controlados, dosadas em massa e fornecidas ensacadas.

Argamassas semi-industrializadas

Essas são as argamassas de cal e areia ditas intermediárias ou brancas que são vendidas para posterior composição com cimento Portland na obtenção das argamassas finais.

Argamassas feitas em obra

São as argamassas tradicionais. Levam este nome por serem preparadas no próprio canteiro de obra, sendo compostas por materiais aglomerantes, agregados e água, podendo ou não ser aditivadas. Estas argamassas são produzidas a partir de proporções preestabelecidos de acordo com uma dosagem específica. Infelizmente em uma grande quantidade de obras a dosagem é feita de forma inadequada e sem o cuidado necessário por meio de pás, baldes ou até mesmo, capacetes.

3.2 ARGAMASSAS COLANTES

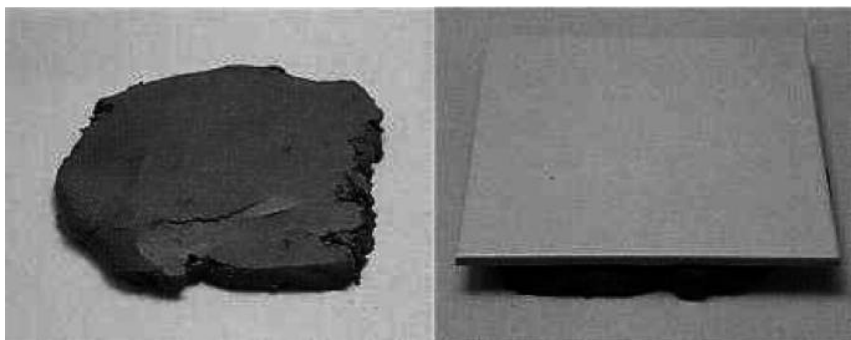
A argamassa colante é um produto industrial, no estado seco, composto de cimento Portland, agregados minerais e aditivos químicos, que, quando misturado com água, forma uma massa viscosa, plástica e aderente, empregada no assentamento de placas cerâmicas para revestimentos.

A argamassa colante é aplicada em camada relativamente fina comparada com as espessuras das argamassas comuns.

3.2.1 Histórico

Antes da introdução da argamassa colante no mercado, o assentamento de placas cerâmicas era feito com argamassa convencional misturada em obra, sem aditivos em uma solução usual para o assentamento do revestimento cerâmico no qual envolvia aplicação de uma camada de argamassa convencional com uma média de 20mm de espessura (Figura 2) (Fiorito, 1994).

Figura 3. Aplicação de uma argamassa convencional



A perda de água era grande, tanto para o substrato, por sucção, quanto para o meio ambiente, por evaporação, principalmente em áreas ensolaradas e sujeitas a ação do vento. Détriché et al. (1985) verificou que quanto maior a espessura da argamassa sem aditivo, maior seria o tempo para perder toda água por evaporação porque o teor total de água livre é maior.

Para diminuir a perda por sucção costumava-se imergir a placa cerâmica em água assentando-a úmida. Assim, a elevada espessura e a umidade presente na placa cerâmica garantiam a existência de água para hidratação do cimento da argamassa de assentamento, compensando as elevadas perdas de água desta para a base para o meio ambiente e para a placa cerâmica.

A complexidade das tarefas em um só dia do método convencional, a demanda inesperada de revestimentos cerâmicos no início da década de 1960 e a carência de mão de obra treinada, na época, resultaram em pesquisas e na procura de uma solução racional.

Treinar adequadamente e a curtíssimo prazo um grande contingente de assentadores e continuar com o método convencional não seria uma boa solução, pois, como já dissemos, o método convencional é por si só de baixa produtividade, tornando impossível o escoamento do quanto vinha sendo produzido em revestimentos cerâmicos.

E tal fato estaria agravado nos dias de hoje, considerando que a produção anual nos anos 1960 era aproximadamente o que se produz hoje em um mês, para uma população que não chegou a triplicar.

Portanto, minimizar problemas de assentamento e facilitar o aprendizado eram tarefas absolutamente imprescindíveis.

A solução que se apresentou foi a de colar revestimentos cerâmicos à semelhança do que já era feito com pisos vinílicos que vinham conquistando boa fatia no mercado de revestimentos.

Colar revestimentos significa dividir racionalmente os serviços de assentamento em duas fases distintas, independentes uma da outra, a saber:

- a) **Preparação do emboço aprumado ou contrapiso nivelado (ou com caimentos), conforme a posição do revestimento.** Tal serviço pode ser intercalado no cronograma da obra, de modo a aproveitar inteiramente a mão de obra disponível.

São serviços de alta produtividade e com aproveitamento de toda a jornada de trabalho, sem mudança da atividade, como exige o método convencional (preparo do substrato e assentamento).

- b) **Em uma fase posterior, é apenas feita a colagem do revestimento, também durante toda a jornada de trabalho.** Pode ser interrompido em qualquer posição que se encontra no fim da jornada de trabalho, sem prejuízo do resultado final. É, também, um serviço de alta produtividade. Restava procurar a “cola” adequada para cerâmicas.

Na época foram experimentados os produtos disponíveis, mas destinados a outros fins como a resina epóxi, de alto desempenho, emulsões asfálticas e adesivos à base de borracha sintética.

Os trabalhos experimentais de campo e os custos mostraram a inviabilidade comercial daqueles produtos para colagem dos revestimentos cerâmicos.

Estabeleceram-se parâmetros para o produto ideal, os quais são enumerados a seguir:

- 1- Ser parecido com uma argamassa comum, na cor e aspecto. E, portanto, base de cimento Portland.
- 2- Conter todos os componentes dosados gravimetricamente, evitando erros de composição na obra.
- 3- O solvente deveria ser água, facilitando o preparo e limpeza das peças, mãos e ferramentas.
- 4- Criar condições para cura adequada, para que o mesmo atingisse resistência de aderência ótima.
- 5- Não ser inflamável.
- 6- Não ser tóxico.
- 7- Ser utilizado em pequenas espessuras (1 a 4 mm), tornando desprezíveis as tensões de retração sobre os revestimentos.

- 8- Permitir acerto de irregularidades da superfície da base, ou seja, apresentar-se com uma massa consistente quando em uso.
- 9- Aderir sobre qualquer superfície, mesmo relativamente lisa, como as superfícies de concreto.
- 10- Ter tempo em aberto o maior possível para permitir o ajuste das peças eventualmente desalinhadas ou desaprumadas.
- 11- Ter plasticidade elevada de modo a permitir a sua aplicação com espátula denteada, formando altos e baixos para facilitar o posicionamento final das peças.
- 12- Resistir a ciclos de umidade, secagem e calor, sem se deteriorar, pois estes são ciclos a que estão submetidos os revestimentos cerâmicos.
- 13- Dispensar o uso de “primers”, a não ser a própria água.
- 14- Ser utilizado por qualquer pessoa com boas noções de prumo e nível.
- 15- Proporcionar grande velocidade de aplicação de placas cerâmicas, para diminuir os custos de mão de obra e reduzir os prazos de execução.
- 16- Ter preço relativamente baixo.

Todas estas características foram encontradas no “dry-set mortor” (Trata-se de uma mistura de cimento, areia de graduação muito fina e um composto de retentor de água que permite que o cimento se hidrate adequadamente) que já estava com seu uso consagrado nos Estados Unidos e em franca expansão na Europa.

3.2.2 Tipos de argamassas colantes

As argamassas colantes são produtos frutos de pesquisas realizadas pelos técnicos do The Tile Council of North America, Inc. (TCNA) que desde 1945, tentaram encontrar uma alternativa industrializada para a argamassa tradicional preparada em obra.

Atualmente, com a publicação das normas sobre argamassas colantes NBR 14081 (ABNT, 2012), estas devem apresentar algumas características mínimas para obter o desempenho desejável, o qual era já destacado por Sabbatini, Barros (1990). Os requisitos das argamassas colantes são:

- Tempo de vida adequado às condições de trabalho – É o período em que a argamassa perde todas as propriedades exigidas para o assentamento cerâmico.
- Tempo de abertura adequado às condições de trabalho - É o período entre o espalhamento da argamassa adesiva e o momento em que ela não mais apresenta aderência suficiente.
- Tempo de ajustabilidade adequado às condições de trabalho - É entendido como o período no qual após assentamento dos componentes cerâmicos com argamassa adesiva, os componentes podem ter sua posição corrigida, sem redução da capacidade de aderência.
- Plasticidade e coesão suficientes para permitir o espalhamento e ajuste das placas sem permitir o deslizamento destas da posição ajustada.
- Retenção de água adequada com as placas e com o substrato.

- Espessura adequada para não permitir tensões significativas nas interfaces de aderência.

As argamassas colantes industrializadas são designadas pela sigla AC, seguida dos algarismos I, II ou III, indicativos de seu tipo, acrescidos das letras E e/ou D, quando aplicável, descritos a seguir:

- a) **AC I** - Argamassa colante industrializada com características de resistência às solicitações mecânicas e termo-higrométricas típicas de revestimentos internos, com exceção daqueles aplicados em saunas, churrasqueiras, estufas e outros revestimentos especiais.
- b) **AC II** - Argamassa colante industrializada com características de adesividade que permitem absorver os esforços existentes em revestimentos de pisos e paredes internos e externos sujeitos a ciclos de variação termo-higrométrica e à ação do vento.
- c) **AC III** - Argamassa colante industrializada que apresenta aderência superior em relação às argamassas dos tipos I e II e permitem absorver os esforços existentes em revestimentos de pisos e paredes internos e externos sujeitos a ciclos de variação termo-higrométrica e à ação do vento mais intensos (saunas, churrasqueiras, estufas, lareiras, câmaras frigoríferas, laboratórios, etc...).
- d) **AC IE, IIE, IIIE** - Argamassa colante industrializadas dos tipos I, II e III, com tempo em aberto estendido, importante para condições de aplicação mais severas em relação à ação do vento durante o intervalo da aplicação e o assentamento da placa cerâmica.
- e) **AC ID, IID, IIID** Argamassa colante industrializada dos tipos I, II e III, com deslizamento reduzido.

Em termos quantitativos a norma define parâmetros para quatro propriedades das argamassas colantes: tempo em aberto, resistência de aderência, tempo em aberto estendido (E) e deslizamento reduzido (D) como o indicado na Tabela 3 e 4.

Tabela 3. Propriedades fundamentais para argamassas colantes.

Requisito		Método de ensaio	Unidade	Critério		
				AC I	AC II	AC III
Tempo em aberto		ABNT NBR 14081-3	min	≥ 15	≥ 20	≥ 20
Resistência de aderência à tração aos 28 dias, em função do tipo de cura	Cura normal	ABNT NBR 14081-4	MPa	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0
	Cura Submersa			≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0
	Cura em estufa				≥ 0,5	≥ 1,0

Fonte: ABNT NBR 14081 (ABNT, 2012)

Opcionalmente podem ser verificadas as propriedades da Tabela 4, considerando especiais.

Tabela 4. Propriedades opcionais para argamassas colantes.

Requisito	Método de ensaio	Critério
Tempo em aberto estendido (E)	ABNT NBR 14081-3	Argamassa do tipo I, II ou III, com tempo em aberto estendido no mínimo 10 min além do especificado como propriedade fundamental
Deslizamento reduzido (D)	ABNT NBR 14081-5	Argamassa do tipo I, II ou III com deslizamento menor ou igual a 2 mm
As siglas “E” e “D”, relativas respectivamente às propriedades opcionais de “tempo em aberto estendido” e “deslizamento reduzido”, devem estar marcadas nas embalagens das argamassas colantes destinadas a atender a tais propriedades, conforme Seção 6.		

Fonte: ABNT NBR 14081 (ABNT, 2012)

Tanto Sabbatini, Barros (1990) como Medeiros (1999), abordaram de forma específica as vantagens que proporcionam estas argamassas sobre as tradicionais e concordam que esses tipos de argamassas são as mais utilizadas atualmente no Brasil, para a fixação das placas cerâmicas.

Comparando-as com as argamassas tradicionais, ambos os autores concluem que as argamassas colantes apresentam:

- a) Resistência de aderência melhor;

- b) Produtividade na execução dos serviços potencialmente maior;
- c) Que sua retração não gera tensões prejudiciais na camada final do revestimento (quando são utilizadas em camada fina)
- d) Que existe compatibilidade com os procedimentos atuais de regularização das superfícies de alvenaria e estrutura com emboços de regularização;
- e) Economia do material de aderência, pois pode ser utilizada em pequenas espessuras;
- f) Que o serviço de execução é mais uniformizado;
- g) Possibilidade de um controle mais efetivo.

Segundo Sabattini, Barros (1990), o emprego de argamassas colantes tem mais de 40 anos no Brasil, no entanto as argamassas utilizadas tinham inicialmente baixos teores de resinas orgânicas (inferiores a 2%), tendo restrições para seu emprego em fachadas, pelo limitado tempo em aberto sob condições ambientais agressivas.

A seguir mostra-se a Tabela 5 com a composição típica das argamassas colantes (Medeiros, 1995).

Tabela 5. Composição das argamassas colantes.

MATERIAIS	% PESO TOTAL	
	Adesivas normais	Adesivas flexíveis
Cimento Portland	35 - 50	40 - 50
Areia Quartzosa 0,1 a 0,5 mm	50 - 65	45 - 55
Pó calcário (sílica e argila)	0 - 5	-
Resina celulósica	0 - 0,04	0,01 - 0,04
Polímeros modificados	0 - 2,0	2,0 - 7,0

/Fonte: MEDEIROS (1995)

As principais argamassas colantes com maiores teores de resinas orgânicas que existem hoje no mercado são:

- a) Do tipo monocomponente, são as argamassas com resinas vinílicas modificadas e acrílicas.

- b) Do tipo bicomponente são as argamassas aditivadas com resinas emulsionadas como SBR (estireno-butadieno) e também as acrílicas.

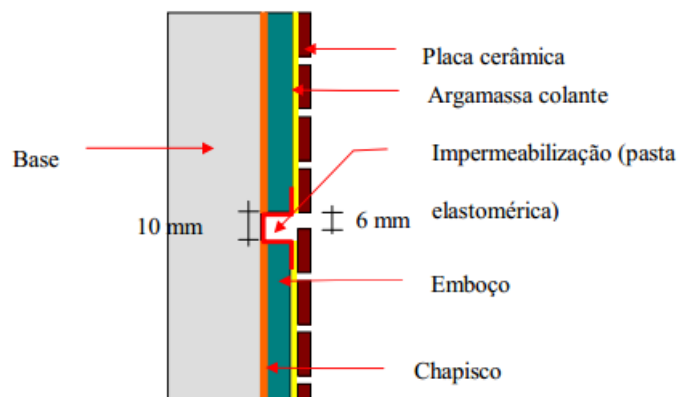
As principais funções que cumprem estas resinas nas argamassas são:

- 1- Retenção de água (principalmente pela resina celulósica).
- 2- Melhorar a plasticidade da argamassa.
- 3- Aumentar a extensão de aderência (principalmente pela ação da resina vinílica).
- 4- Propiciar a adesão química.

3.2.3 Composição dos substratos

O revestimento cerâmico compreende um sistema que trabalha de forma homogênea junto aos seus componentes e à base, sobre a qual se adere. Fazem parte de seu sistema a camada base (alvenaria), as camadas intermediárias (chapisco, emboço e reboco) e a camada de fixação (argamassas).

Figura 4. Croqui esquemático da execução da junta de movimentação



Fonte: Ribeiro e Barros (2010)

A) Camada Base

É o elemento da obra, normalmente uma parede, sobre o qual se apoia o revestimento.

A camada base pode apresentar diferentes características, dependendo do seu material de suporte (tijolo, gesso acartonado, bloco de concreto, entre outros). Abaixo,

algumas considerações importantes sobre os suportes de base, segundo o ITC (1993) citado por Esquivel (2001):

- a) Planicidade e regularidade da superfície;
- b) Porosidade e ações capilares da camada do suporte. A absorção do suporte é desejável até certo grau, mas quando excessiva, gera dificuldade na hidratação do cimento, utiliza-se uma argamassa à base deste material. Quando usado o gesso, a influência na adesão do sistema é maior;
- c) Movimento dos suportes devido à umidade e variações térmicas;
- d) Presença de substâncias poluentes sobre a superfície do suporte;
- e) Rigidez da base e rugosidade do suporte;
- f) Certificar de que não existam deteriorações no suporte;
- g) Observar o grau de umidade da base, evitando o excesso de água durante o procedimento de colocação.

B) Camadas Intermediárias

Chamada também de substrato, a camada intermediária é a superfície que receberá o revestimento propriamente dito. Pode ser executada com diferentes materiais e técnicas construtivas, desde que atenda às características de estanqueidade, resistência mecânica e superficial ao arrancamento, deformabilidade e que seja também compatível com o revestimento a ser usado na fachada objetivando um bom desempenho do produto.

Pode-se incluir dentro dessa classificação camadas como o chapisco, o emboço, o reboco de cimento e areia e, a pasta de cimento, para assentamento com argamassa tradicional ou apenas emboço e argamassa adesiva.

Conforme a NBR 7200 (1998), o substrato deverá sempre estar isento de partículas soltas e resquícios de argamassas provenientes de outras atividades, que quando presentes deverão ser removidos com lixas ou escovas.

C) Camada de Fixação

A camada de fixação, ou seja, argamassa de assentamento é responsável pela aderência necessária da placa cerâmica com o substrato. São vários os tipos de argamassas usadas como as tradicionais argamassas de cimento e areia (aderência mecânica), as argamassas adesivas industrializadas (aderência química e mecânica) e os adesivos orgânicos ou colas.

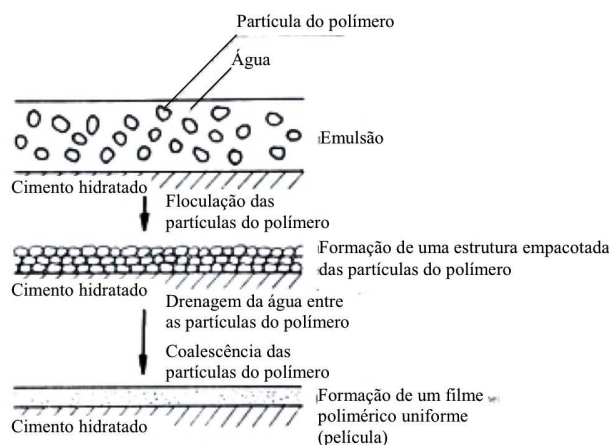
3.3 ASPECTOS RELATIVOS AO TEMPO EM ABERTO NA ARGAMASSA COLANTE

3.3.1 Formação de película

Até o momento, a teoria mais difundida para justificar a progressiva redução da capacidade de aderência da argamassa colante com o decorrer do tempo é a da formação de película superficial.

Algumas vezes, a formação superficial é explicada pela migração do polímero orgânico, em conjunto com as bolhas de ar incorporado, para a superfície (Bauer, 1995; Fiorito, 1994), mas não existem estudos empíricos publicados que comprovem essa teoria. Ohama (1987) demonstrou a formação do filme polimérico no interior dos poros de argamassas durante o processo de hidratação do cimento e propôs um modelo mais detalhado.

Figura 5. Modelo simplificado do processo de formação da película sobre o cimento hidratado

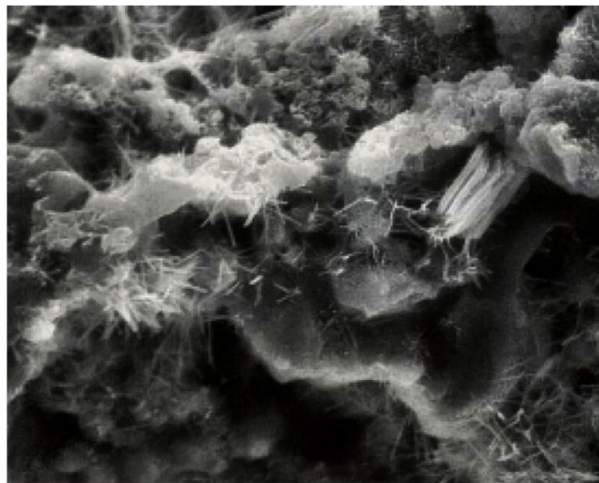


O modelo proposto por Ohama (1987) para a formação da película foi dividido em quatro etapas:

- Ao misturar a argamassa com água, as partículas do polímero ficam uniformemente dispersas na pasta de cimento, há o início da hidratação, que acarreta a formação do gel de cimento e a saturação da água com hidróxido de cálcio. As partículas do polímero começam a se depositar na superfície da mistura de gel de cimento/ cimento anidro, há a reação do hidróxido de cálcio da fase aquosa com sílica do agregado, formando uma camada de silicato de cálcio.

- b) Com o desenvolvimento da estrutura do gel de cimento, as partículas do polímero ficam gradualmente confinadas nos poros capilares, há o progresso da hidratação do cimento, reduzindo a água dos capilares e a flocculação das partículas do polímero, formando uma camada de estrutura empacotada sobre a superfície da mistura de gel de cimento/ cimento anidro.
- c) Aderência simultânea à camada de silicato de cálcio formada sobre o agregado.
- d) Com o consumo da água pela hidratação do cimento há a coalescência da camada de estrutura empacotada formada pelas partículas do polímero, formando uma película. A película aglomera os compostos hidratados do cimento formando uma rede monolítica.

Figura 6. Película formada em uma argamassa aditivada com EVA



Primeiro, o modelo de Ohama implica em hidratação do cimento e os fenômenos relacionados ao tempo em aberto ocorrem antes do início de pega, portanto, antes que ocorram reações de hidratação significativas.

Segundo, o estudo em que se baseia Ohama foi realizado com polímeros EVA (co-polímero poli (acetato de vinila)-etileno), SBR (estireno butadieno) e PAE (poliéster acrilato). Não pode, portanto, ser usado para explicar o fenômeno de tempo em aberto de argamassas que não contenham estes polímeros, como aquelas formuladas apenas com retentor de água HEC (hidroxietil celulose) ou HEMC (metil hidroxietil celulose).

Adicionalmente, é preciso ressaltar que HEC ou HEMC são adicionados em teores muito inferiores aos usuais para EVA, SBR e PAE e dificilmente seriam capazes de formar semelhante filme em quantidade suficiente.

Nenhum dos modelos considera qualquer influência da perda de água, seja por evaporação ou por sucção da base, para explicar o surgimento da película superficial, da migração do polímero para a superfície ou da coalescência do polímero.

As evidências empíricas a sustentar a hipótese da formação de película são ainda pouco consistentes:

- a) Mudanças da superfície do cordão de argamassa, tornando-o mais branco com o decorrer do tempo.
- b) Presença de filme polimérico na superfície das argamassas;
- c) O fato de que o cordão de argamassa permanece plástico. A mudança da cor superficial pode ser resultado da secagem superficial. Filmes poliméricos são também encontrados nos poros internos da argamassa (Silva, Roman, 2001). O fato de o cordão permanecer plástico também não exclui a secagem superficial por evaporação.

3.3.2 Perda de água

A perda de água por evaporação ou absorção da base é também uma explicação possível para a perda da capacidade colante da argamassa antes da aplicação da placa cerâmica.

A sucção para a base se dá devido à tensão capilar – tensão existente devido à diferença de pressão resultante da energia livre residente na superfície líquido-gás, produzindo um fenômeno de ascensão ou descensão em tubo capilar (Ássy, 1996; Housel, 1950).

Tensão superficial e diâmetro dos poros são fatores determinantes nesse fenômeno. A evaporação decorre de diferenças de pressão de vapor. Temperatura, umidade relativa e velocidade do ar são variáveis que controlam o processo.

Détriché et al. (1985) propõem um modelo onde explicam como ocorre a perda de água por sucção. Assumem que a textura porosa da argamassa e da base é constituída por um

conjunto de tubos capilares cilíndricos de diferentes diâmetros, perpendiculares à superfície livre e à base.

Segundo este modelo, ao aplicar a argamassa convencional fresca sobre a base, os capilares mais finos da base começam a retirar a água dos capilares mais grossos da argamassa, até o momento em que o raio dos capilares da argamassa diminui, devido à formação dos produtos de hidratação do cimento sobre suas paredes.

Quando isso acontece, a velocidade de absorção capilar diminui consideravelmente após algumas horas, chegando a se anular entre 2 e 3 horas após o assentamento da argamassa, já que deixam de existir capilares não saturados da base de raios inferiores aos da argamassa. A dessecação da argamassa prossegue, então, apenas por evaporação.

A perda de água por evaporação pode levar à dessecação superficial dos cordões da argamassa colante, especialmente porque o HEC (polímero) age produzindo uma “gelificação da água”, reduzindo a sua mobilidade. Esta evaporação pode ser responsável pela formação aparente de uma película superficial. A absorção pela base provavelmente causa fenômeno similar na base do filete.

Em termos práticos, a dessecação superficial causa a diminuição da área de contato entre a argamassa e o tardo da placa cerâmica, embora a parte interna dos cordões ainda se mantenha umedecida. Com isso, há a redução da aderência, o que pode provocar o descolamento.

4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NOS REVESTIMENTOS CERÂMICOS

As manifestações patológicas ocorrem de diversas formas sendo as principais por aparecimento de descolamentos, deslocamentos, fissuras, falhas de vedação, manchas como eflorescência e sua manifestação nunca é atribuída a uma única causa, geralmente é resultante da combinação de vários fatores.

Segundo Thomaz (1989) não raras vezes têm-se projetos incompatíveis ou mal detalhados. Pode-se considerar ainda a interferência de todos os projetos de instalações, as falhas de planejamento, a carência de especificações técnicas, ausência de mão de obra qualificada, deficiência de fiscalização e, muitas vezes as imposições políticas de prazos e preços. Por isso, quando se chega à fase de execução da obra, uma série de improvisações e malabarismos é adotada para se tentar produzir um edifício de boa qualidade e que atenda as exigências mínimas de qualidade.

Considera-se que as manifestações patológicas nos sistemas de revestimento cerâmico são caracterizadas pela deterioração em parte ou todo o sistema. Basicamente temos dois níveis de manifestações: que não geram risco ao usuário e que geram riscos ao usuário, como o destacamento de uma placa cerâmica, impactando negativamente no aspecto estético e funcional da edificação.

Há divergências das possíveis causas e origens. Muitas vezes a combinação de fatores resulta na ocorrência da manifestação patológica.

Para Casimir (1994), os problemas patológicos observados nas edificações, independente às suas formas de manifestação, podem ter origem em enorme gama de fatores, em função da grande complexidade dos vários subsistemas envolvidos, inerentes aos processos construtivos. Ele afirma que as falhas, geralmente, não ocorrem devido a uma razão, mas provavelmente de uma combinação de razões.

As causas e origens são variadas e classificadas diferentemente em cada estudo. Mesmo assim, existe uma correlação com o resultado de cada trabalho.

As manifestações patológicas nos sistemas de revestimento cerâmicos podem, de acordo com Medeiros (1999), ser resultado de uma combinação de fatores, como por exemplo, os destacamentos e fissuras que podem ser originadas pela propagação de fissuras ocorridas na interface do revestimento com a estrutura, na falta de reforço no substrato

(emboço), na falta de “juntas de controle”, no preenchimento inadequado das juntas de assentamento, na falta de argamassa de fixação no verso das placas cerâmicas e na falha na observação dos tempos em aberto e de ajuste da argamassa de fixação.

De acordo com Pedro (2002), a origem das patologias pode ser classificada em:

- **Congênitas** - São aquelas originárias da fase de projeto, em função da não observância das Normas Técnicas, ou de erros e omissões dos profissionais, que resultam em falhas no detalhamento e concepção inadequada dos revestimentos.
- **Construtivas** - Sua origem está relacionada à fase de execução da obra, resultante do emprego de mão-de-obra despreparada, produtos não certificados e ausência de metodologia para assentamento das peças.
- **Adquiridas** - Ocorrem durante a vida útil dos revestimentos, sendo resultado da exposição ao meio em que se inserem, podendo ser naturais, decorrentes da agressividade do meio, ou decorrentes da ação humana.
- **Acidentais** - Caracterizadas pela ocorrência de algum fenômeno atípico, resultado de uma solicitação incomum.

Dentre as manifestações que aparecem com maior frequência abaixo serão apresentadas algumas dessas anomalias de revestimentos abordando suas causas.

4.1 DESTACAMENTOS OU DESCOLAMENTO

Os destacamentos são caracterizados pela perda de aderência das placas cerâmicas do substrato, ou da argamassa colante, quando as tensões surgidas no revestimento cerâmico ultrapassam a capacidade de aderência das ligações entre a placa cerâmica e argamassa colante e/ou emboço. Devido à probabilidade de acidentes envolvendo os usuários e os custos para seu reparo, esta manifestação patológica é considerada mais séria. O primeiro sinal desta manifestação patológica é a ocorrência de um som cavo (oco) nas placas cerâmicas (quando percutidas), ou ainda nas áreas em que se observa o estufamento da camada de acabamento (placas cerâmicas e rejuntas), seguido do destacamento destas áreas, que pode ser imediato ou não.

Segundo Bauer (1997), os descolamentos podem apresentar extensão variável, sendo que a perda de aderência pode ocorrer de diversas maneiras: por empolamento, em placas, ou com pulverulência.

Figura 7. Edifícios com destacamento de placas cerâmicas de fachada.



Fonte: http://www.aecweb.com.br/cont/n/revestimento-ceramico-exige-cuidados_6088

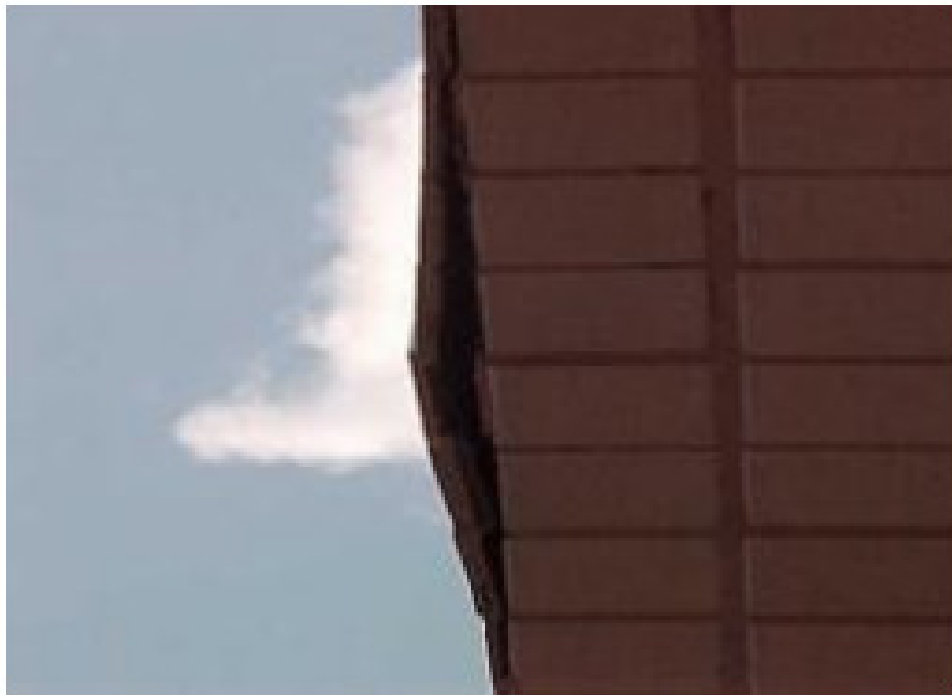
Para Sabbatini e Barros (2001) são diversas as causas vinculadas ao descolamento:

- O grau de solicitação do revestimento;
- A instabilidade de suporte, dada à acomodação do conjunto da construção, fluência da estrutura de concreto armado, variações higrotérmicas e de temperatura;
- As características das juntas de assentamento e de movimentação;
- A ausência de detalhes construtivos (contravergas, juntas de canto de parede, etc.) e de especificação dos serviços de execução;
- A imperícia ou negligência da mão-de-obra;
- A utilização do adesivo com prazo de validade vencido;
- A fixação dos componentes cerâmicos após o vencimento do tempo de abertura da argamassa colante e a presença de pulverulência ou de materiais deletérios nas superfícies de contato (base-regularização - componente cerâmico), fatores que nem sempre são observados quando da execução do revestimento.

A relação das tensões que atuam sobre os revestimentos, segundo Saraiva (1998), podem ser decorrentes das seguintes deformações:

- deformações originadas por variações térmicas;
- retração da argamassa que liga os elementos das alvenarias;
- retração da argamassa utilizada no emboço ou no contrapiso;
- deformação lenta do concreto da estrutura, onde a deformação dos pilares e vigas atua sobre os revestimentos verticais enquanto que a deformação das lajes atua sobre o revestimento dos pisos;
- o recalque das fundações;
- as deformações originadas pela variação da umidade relativa do ar atuando sobre as argamassas endurecidas;
- a dilatação higroscópica dos elementos cerâmicos;
- as deformações originadas pela atuação de cargas acidentais sobre os pisos.

Figura 8. Deslocamento do revestimento cerâmico.



Fonte: autor.

4.2 TRINCAS, GRETAMENTO E FISSURAS

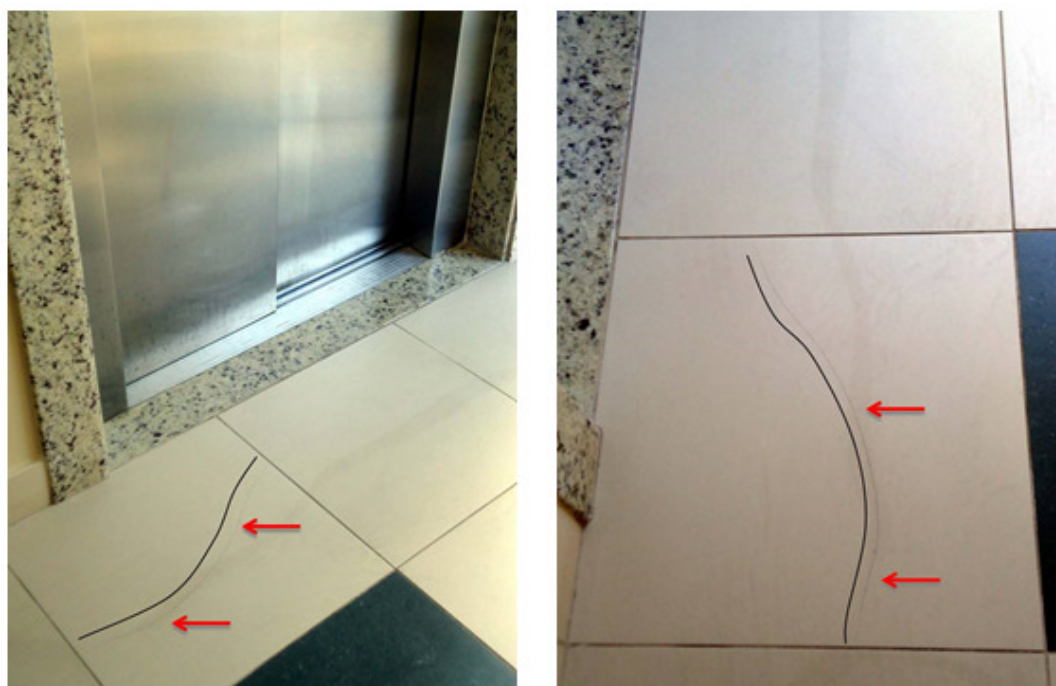
As fissuras, de modo geral, são manifestações patológicas resultantes do alívio de tensões entre partes de um elemento ou entre dois elementos que estão em contato (Lordsleem Júnior; Franco, 1998).

Estas manifestações patológicas aparecem por causa da perda de integridade da superfície da placa cerâmica, que pode ficar limitada a um defeito estético (no caso de gretamento), ou pode evoluir para um destacamento (no caso de trincas).

As trincas são rupturas no corpo da placa cerâmica provocadas por esforços mecânicos, que causam a separação das placas em partes, com aberturas superiores a 1 mm. As fissuras são rompimentos nas placas cerâmicas, com aberturas inferiores a 1 mm e que não causam a ruptura total das placas. O gretamento é uma série de aberturas inferiores a 1 mm e que ocorrem na superfície esmaltada das placas, dando a ela uma aparência de teia de aranha.

A NBR 9575 (ABNT, 2003), por sua vez, apresenta fissura como abertura ocasionada por ruptura de um material ou componente, inferior ou igual a 0,5 mm, a microfissura com espessura inferior a 0,05 mm, e a trinca com abertura superior a 0,5 mm e inferior a 1 mm.

Figura 9. Ruptura no corpo da placa cerâmica de piso



Fonte: autor.

Variações de temperatura também podem provocar o aparecimento de fissuras nos revestimentos, devidas às movimentações diferenciais que ocorrem entre esses e as bases (Thomaz, 1989).

Figura 10 - Ruptura no corpo da placa cerâmica provocada por variações de temperatura.



Fonte: autor.

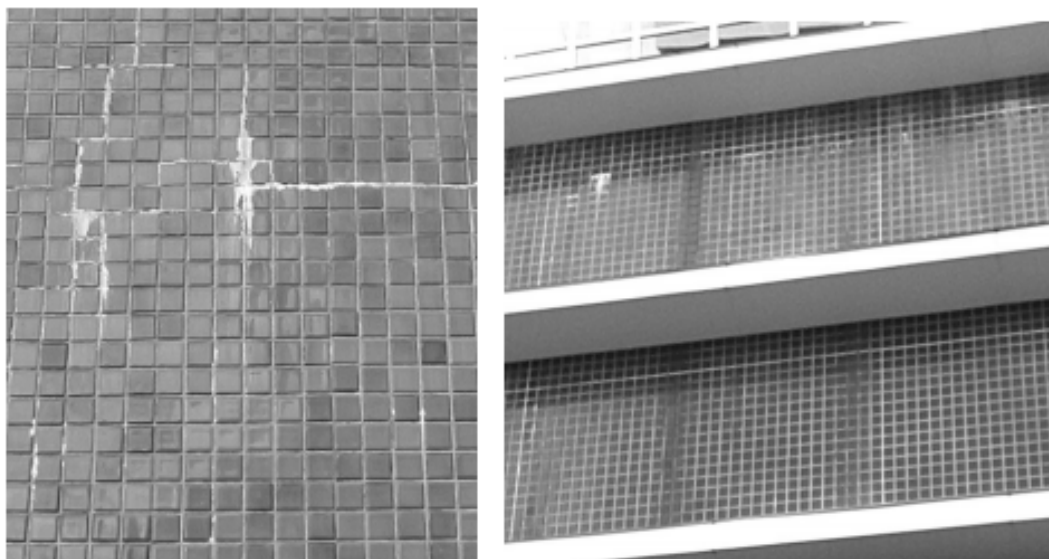
De acordo com Lucas (1999), logo que os revestimentos são aplicados sobre o suporte, começa a sua retração de secagem inicial, que é restringida pela aderência ao suporte. Esta restrição vai dar origem ao desenvolvimento de tensões de tração no revestimento e de corte na interface do revestimento com o suporte. As tensões de tração tenderão a fissurar o revestimento e as tensões de corte poderão provocar o seu descolamento.

4.3 EFLORESCÊNCIA

Este problema é evidenciado pelo surgimento na superfície do revestimento, de depósitos cristalinos de cor esbranquiçada, comprometendo a aparência do revestimento. Estes depósitos surgem quando os sais solúveis nas placas de cerâmicas, nos componentes na alvenaria, nas argamassas de emboço, de fixação ou de rejuntamento, são transportados pela

água utilizada na construção, ou vinda de infiltrações, através dos poros dos componentes de revestimento (placas cerâmicas não esmaltadas, rejuntas).

Figura 11 - Eflorescências em fachadas de edifícios com placas cerâmicas.



Fonte: autor.

Estes sais em contato com o ar solidificam, causando depósitos. Em algumas situações (ambientes constantemente molhados) e com alguns tipos de sais (de difícil secagem), estes depósitos apresentam-se como uma exsudação na superfície.

Uemoto (1988) distingue três tipos de eflorescência, as de Tipo I, II e III.

Tipo I - É o mais comum e caracteriza-se por um depósito de sal branco, pulverulento, muito solúvel em água. Pode ocorrer em superfícies de alvenaria aparente, revestimentos de argamassa, juntas de assentamentos, regiões próximas a esquadrias mal vedadas, ladrilhos cerâmicos, juntas de ladrilhos cerâmicos e azulejos.

Tipo II - Caracteriza-se pela aparição de um depósito de cor branca com aspecto de escorrimento, muito aderente e pouco solúvel em água. Esse depósito, quando em contato com o ácido clorídrico, apresenta efervescência. Esses sais formam-se em regiões próximas a elementos de concreto ou sobre sua superfície e, às vezes, sobre superfícies de alvenaria.

Tipo III - Manifesta-se como um depósito de sal branco entre juntas de alvenaria aparente, que se apresentam fissuradas devido à expansão decorrente da hidratação do sulfato de cálcio existente no tijolo ou da reação tijolo-cimento.

Figura 12 - Eflorescência entre o revestimento cerâmico de piso e a parede externa da piscina.



Fonte: autor.

Vale lembrar que as placas cerâmicas e a argamassa possuem vazios em seu interior, como cavidades, bolhas, poros abertos e fechados e uma enorme e complexa rede de micro canais (Fioritto, 1994). A água, então, pode passar pelo seu interior por força da capilaridade ou mesmo por força do gradiente hidráulico.

O local do seu aparecimento não necessariamente indica seu local de origem, pois os sais podem ser transportados pela água a partir de locais afastados do ponto de ocorrência do problema. Assim, é necessário compreender o comportamento dos sais dissolvidos e também a origem da água. A simples intervenção localizada e sintomática pode ser totalmente ineficaz e até danosa.

Para que a eflorescência se manifeste, os seguintes fatores são necessários e suficientes:

- **Água:** atua como um solvente que possibilita a dissolução dos sais que dão origem ao fenômeno. Ela pode ter origem em vários pontos, a saber:

- **Água de chuva:** tem grande chance de penetrar através das juntas, em particular se forem mal executadas;

- **Água de condensação:** resulta das trocas de vapor de água entre o interior e o exterior através de meios porosos;

- **Água proveniente da etapa de construção:** a água de amassamento, o uso de proteções deficientes contra a chuva ou qualquer outro fato que possibilite a concentração de umidade podem ocasionar problemas em obras recém entregues. Paredes saturadas de água

podem demandar semanas ou meses para que a secagem ocorra; blocos em contato com o solo, além de absorver umidade, podem ser contaminados por sais ou elementos estranhos;

- **Sais:** se movimentam dissolvidos na água e efetivamente dão origem ao fenômeno;

- **Gradiente hidráulico:** possibilita a movimentação da água e o transporte dos sais do interior para a superfície dos corpos afetados.

As argamassas apresentam grande chance de incorporar sais solúveis em sua composição, em função do componente utilizado em sua produção. Vale enfatizar, também, que a utilização de água inadequada (impura) pode favorecer o aparecimento de problemas desse tipo.

4.4 DETERIORAÇÃO DAS JUNTAS

Este problema, apesar de afetar diretamente as argamassas de preenchimento das juntas de assentamento (rejuntas) e de movimentação, compromete o desempenho dos revestimentos cerâmicos como um todo, já que estes componentes são responsáveis pela estanqueidade do revestimento cerâmico e pela capacidade de absorver deformações. Os sinais de que está ocorrendo uma deterioração das juntas são: perda de estanqueidade da junta e envelhecimento do material de preenchimento. A perda da estanqueidade pode iniciar-se logo após a sua execução, através de procedimentos de limpeza inadequados. Estes procedimentos de limpeza podem causar deterioração de parte do material aplicado (uso de ácidos e bases concentrados), que, somados ataques de agentes atmosféricos agressivos e/ou solicitações mecânicas por movimentações estruturais, podem causar fissuração (ou mesmo trincas) bem como infiltração de água.

Figura 13 - Deterioração do rejunte seguido de infiltração na parte interna do ambiente.

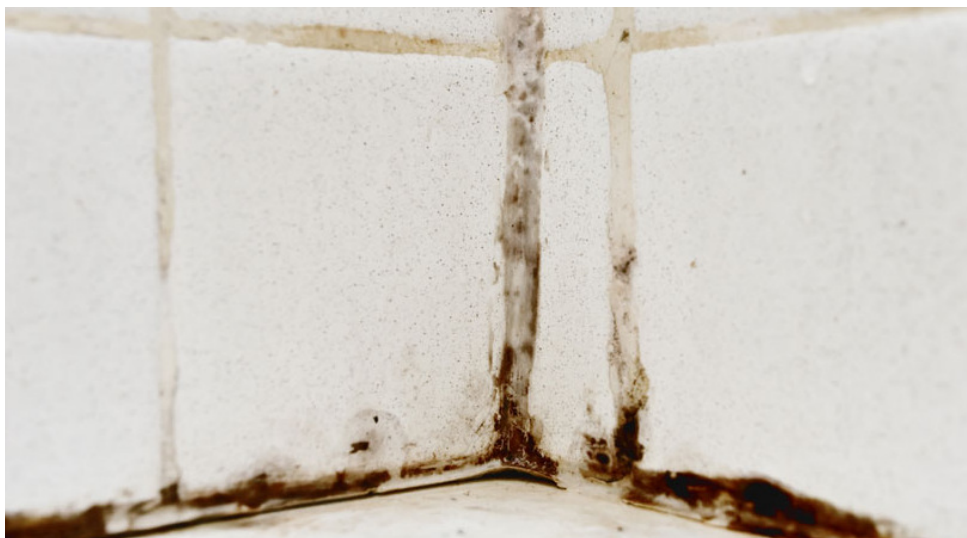


Fonte: autor.

4.5 BOLOR OU MOFO

O termo bolor ou mofo é entendido como a colonização por diversas populações de fungos filamentosos sobre vários tipos de substrato, citando-se inclusive as argamassas inorgânicas (Shirakawa, 1995). O termo emboloramento, de acordo com Allucci (1988) constitui-se numa “alteração observável macroscopicamente na superfície de diferentes materiais, sendo uma consequência do desenvolvimento de microorganismos pertencentes ao grupo dos fungos”. O desenvolvimento de fungos em revestimentos internos ou de fachadas causa alteração estética de tetos e paredes, formando manchas escuras indesejáveis em tonalidades preta, marrom e verde, ou ocasionalmente, manchas claras esbranquiçadas ou amareladas (Shirakawa, 1995).

Figura 14 - Proliferação de fungos na argamassa de rejuntamento.



Fonte: autor.

O aparecimento de fungos e algas pode ocorrer na argamassa de rejunte e é causado pela utilização de argamassa com porosidade elevada e sem adição de agentes resistentes a esses microrganismos (Cichinelli, 2006, p.47).

Cabe salientar que para prevenção e combate do bolor em edificações é necessária a adição de fungicidas nos materiais de revestimento ou, ainda, atuar no combate a algum dos fatores já mencionados que colaboram para a sua proliferação.

4.6 MANCHA D'ÁGUA

Segundo Quinteiro et al. (2010, p. 19), mancha d'água é a ocorrência de alteração na tonalidade em revestimentos cerâmicos devido ao manchamento abaixo do esmalte, na camada de engobe, que é a camada localizada entre o esmalte e a cerâmica. Esse fator afeta o desempenho estético das placas cerâmicas, apresentando as seguintes características:

- a) As manchas somente são visíveis no caso de uso de esmaltes transparentes e engobes brancos, ocorrendo com maior frequência a partir das bordas.
- b) As manchas podem corresponder a alterações de cinza em relação à tonalidade original ou apresentar padrões diferentes de coloração, como azulados e avermelhados.
- c) A ocorrência está sempre associada à presença excessiva de umidade no ambiente e ao acesso da água e seu alojamento na camada de engobe.

- d) As manchas de placas removidas somem quando as peças são secas em estufa ou requeimadas.

Para Quinteiro et al. (2010, p. 19), as manchas nos engobes podem ser causadas por:

- a) Presença de umidade no engobe, que consiste no escurecimento da superfície de uso das placas, perceptível pelo olho humano. É o caso mais comum sendo os outros casos derivações deste.
- b) Migração de corantes orgânicos juntamente com a água, sendo favorecido por rejuntamentos mal executados e na presença de recortes nas placas.
- c) Cristalização de sais solúveis, transportados na forma de solução aquosa até o engobe.
- d) Proliferação de fungos dentro da camada de engobe, favorecida pela umidade presente, apresentando tons conforme a variedade de fungos.

5 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste capítulo é apresentado o programa experimental determinado para se alcançar a análise proposta pelo trabalho. Inicia-se com a abordagem do padrão normativo, seguido pelo projeto piloto que norteou e esclareceu os procedimentos a serem adotados no programa definitivo, bem como as características dos materiais e equipamentos utilizados, encerrando-se com os procedimentos usados na execução dos ensaios.

5.1 PADRÃO NORMATIVO

A norma ABNT NBR 14081-3 (ABNT, 2012) que descreve o método de ensaio para determinação do tempo em aberto para argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas foi adotada como modelo e adaptada para o programa experimental. As condições ambientais não foram monitoradas conforme descrito na Norma ABNT 14081-2 (ABNT, 2002).

5.2 PROJETO PILOTO

O projeto piloto permitiu a avaliação e o ajuste de diversos aspectos a serem implementados no programa experimental. O desconhecimento do tema e a grande variedade de dados envolvidos no programa experimental levou a necessidade de buscar através do projeto piloto parâmetros, adequações de processos experimentais e orientações que permitissem iniciar o ensaio definitivo com maior grau de conhecimento dos obstáculos. Qual o substrato a ser adotado? Qual intervalo entre os tempos em aberto a ser considerado? Eram perguntas a serem respondidas.

O projeto piloto utilizou um substrato-padrão e pastilha cerâmica Atlas 45mm x 45mm como corpo de prova adotando os intervalos 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 minutos como considerações para o tempo em aberto da argamassa colante aplicada.

A preparação do ensaio foi realizado no dia 09/10/2014 das 09:00 às 12:00, com a temperatura ambiente do laboratório de 27° C e umidade relativa do ar de 80%.

O ensaio de determinação da resistência a tração da argamassa colante foi realizado em corpos de prova/ pastilhas cerâmicas com idade de 11 dias contados após a aplicação da argamassa colante sobre o substrato.

Conclusões e observações do projeto piloto:

- a) Pastilhas utilizadas com dimensões menores do que recomenda a norma:

Ao utilizarmos as pastilhas cerâmicas 45x45mm no ensaio do projeto piloto observou-se que não tiveram contato suficiente e homogêneo sobre os quatro cordões de argamassa estendida conforme recomendado em norma.

Figura 15. Detalhe da fixação da pastilha cerâmica 45x45mm.



Fonte: autor.

b) Resultados obtidos

Tabela 6. Resultado do ensaio de resistência à tração (após 11 dias de cura) – Projeto Piloto.

Corpo de Prova	(min) Tempo de abertura	(MPa)	S	Formato Ruptura
1	10	0,29	*	A/P
2	20			FALHOU
3	30	0,19	*	A/P
4	40	0,20	*	A/P
5	50			FALHOU
6	60			FALHOU
7	70			FALHOU
8	80			FALHOU
9	90			FALHOU
10	100			FALHOU
Média		0,23		

Legenda:

- S** Ruptura no substrato
- S/A** Ruptura na interface argamassa e substrato
- A** Ruptura na camada de argamassa colante
- A/P** Ruptura na interface argamassa e placa cerâmica
- P** Ruptura da placa cerâmica
- F** Ruptura na colagem da peça metálica

- c) Após 30 minutos do tempo em aberto os cordões já apresentavam perda de plasticidade da argamassa.
- d) Os corpos de prova a partir do número 5 (cinco), correspondente aos 50 minutos de tempo em aberto, apresentaram a superfície do cordão de argamassa ressecada, embora sobre pressão, a camada interna ainda se encontrava com certa plasticidade. Na preparação do ensaio de arrancamento e durante o acoplamento do equipamento ao corpo de prova houve o desprendimento manual das placas cerâmicas do substrato.

- e) Assim, após a análise dos resultados do projeto piloto os intervalos de tempos 10, 15, 20, 25, 35, 45 e 60 minutos foram adotados no programa experimental definitivo.

5.3 PROGRAMA DEFINITIVO

Com as definições obtidas através do projeto piloto, em especial os intervalos a serem considerados no programa definitivo, o estudo consistiu na avaliação da capacidade de aderência do revestimento cerâmico sobre o substrato padrão através da determinação da resistência a tração nos seguintes intervalos de tempo em aberto: 10, 15, 20, 25, 35, 45 e 60 minutos, segundo o método proposto neste trabalho.

5.3.1 Materiais e equipamentos utilizados

- a) **Equipamento de Tração:** Dinamômetro de tração que permite a aplicação contínua de carga, de fácil manuseio, baixo peso, dotado de dispositivo para leitura digital de carga.

Figura 16. Equipamento utilizado Proceq dy-206 e peças constituintes do sistema de acoplamento do equipamento.



- b) **Pastilha:** Peça metálica com formato quadrado não deformável sob a carga do ensaio, com medida de 50 mm de lado e com dispositivo no centro para o acoplamento do equipamento de tração.

Figura 17. Pastilha metálica seção quadrada de 50 mm de lado.



Fonte: autor.

- c) **Cola:** À base de resina epóxi. Destina-se à colagem da pastilha na superfície do corpo-de-prova.

Figura 18. Adesivo estrutural epóxi – Bautech ultra TIX.



Fonte: Autor.

d) **Argamassa colante:** Arga Plus AC III, marca Ceramfix.

A Arga Plus, segundo o fabricante Ceramfix, é uma argamassa colante do tipo AC III para assentamentos especiais que exigem alta flexibilidade e resistência mecânica. É produzida com matérias primas selecionadas, garantindo excelente aderência, flexibilidade e resistência em assentamentos especiais, além de oferecer uma massa leve e de ótimo rendimento.

É indicado para o uso em áreas internas ou externas; pisos e paredes a base de cimento (contrapiso e emboço), inclusive em áreas de alto tráfego (até 80cmx80cm); piso sobre piso ou azulejo sobre azulejo; placas cerâmicas, porcelanatos, pedras naturais e blocos de vidro; pastilhas com tamanho maior que 7,5cm x 7,5 cm; revestimentos em fachadas: peças de até 20cmx20cm; fachadas até 3m de altura a partir do piso, peças de até 60cm x 60cm; placas de gesso acartonado (drywall); piscinas: peças de até 30cm x 30cm; reservatórios ou saunas; lareiras e churrasqueiras, desde que estas estejam revestidas internamente por tijolos refratários. Para assentar os tijolos refratários internamente, utilizar a Arga Refratários.

Essa argamassa não é indicada para frigoríficos; bases ou qualquer substância que impeça a aderência do produto; assentamento sobre madeira ou metal; sobreposição de pastilhas de vidro ou porcelana em revestimentos ou pisos cerâmicos, porcelanato e pedras naturais; pastilhas especiais com acabamento metalizado.

Para o preparo do produto não há necessidade de tempo de espera para utilizar o produto; Utilizar o produto até o prazo máximo de 2 horas e não re-adicionar água ou qualquer outro produto após a mistura; Proteger o produto do sol, vento ou chuva.

Dados técnicos:

Cor: Cinza;

Composição: Cimento Portland cinza, areia quartzosa, carga minerais, aditivos especiais e polímeros flexíveis;

- Embalagem:** Manter em local seco e arejado, elevado do solo sobre estrado, empilhamento máximo 1,5m de altura, conservado na embalagem original e fechada;
- Validade:** 12 meses a partir da data de fabricação se respeitadas as condições de estocagem;
- Consumo:** Camada Simples (peças até 30x30 cm): +- 4,0 kg/m²;
- Segurança:** Manter longe do alcance de crianças e animais.

Figura 19. Argamassa colante Arga Plus AC III.



Fonte: autor.

O fabricante ainda recomenda:

- não assentar as placas sobre os cordões de argamassa colante com formação de película superficial. A formação de película está diretamente relacionada à condição climática local;
- que o assentamento seja realizado entre 10°C e 30°C;
- nunca adicionar mais água a argamassa já misturada e nem ultrapassar o período de utilização de 2 horas;
- nunca encharcar o revestimento cerâmico com água antes da aplicação;

e) **Cerâmica:** Biancogres Porcelanato Digital Polido Trento Bianco 62x62,

Tipologia:	Porcelanato Polido;
Acabamento:	Polido; Espessura: 9,6 mm; Junta mínima: 2 mm;
Local de uso:	LC – indicado para ambientes residenciais e comerciais leves;
Retificado:	Sim
Classe AD:	1;
Formato:	62x62cm;
Variação de tonalidade e desenho:	V2 – Variação Leve;
Formato das pastilhas para ensaio:	50x50mm;
Grupo de absorção:	Bla.

A definição do uso do porcelanato foi devido a grande difusão do produto no mercado.

Figura 20. Pastilha cerâmica 50 x 50mm.



5.3.2 Preparo dos Corpos-de-Prova

Antes da aplicação da argamassa, foi feita a limpeza na superfície do substrato e do tardo do porcelanato para a eliminação de agentes contaminantes (óleo, poeira e outros), que

pudessem prejudicar a aderência entre a argamassa e o substrato e entre a argamassa e o corpo de prova (porcelanato).

Figura 21. Substrato padrão de concreto normatizado pela ABNT 14081-2.



Fonte: autor.

No preparo da argamassa colante para os ensaios, a mistura do material seco com a água foi realizada da seguinte maneira:

- a) Pesado 10 kg de argamassa colante Arga Plus AC III, marca Ceramfix;
- b) 2,05 litros de água de amassamento de acordo com as indicações do fabricante;
- c) Vertido a água no recipiente de mistura;
- d) Colocado o material seco sobre o líquido, de modo contínuo;
- e) Misturado bem até obter uma massa homogênea e sem gumos;

Figura 22. Dosagem da argamassa.



Fonte: autor.

Figura 23. Dosagem da água.



Fonte: autor.

Figura 24. Mistura da argamassa.



Fonte: autor.

Figura 25. Aplicação da argamassa.



Fonte: autor.

Figura 26. Formação dos cordões no sentido longitudinal do substrato.



Fonte: autor.

Figura 27. Pastilhas cerâmicas 50 x 50 mm.



Fonte: autor.

Números de determinações

Para cada amostragem, de um total de sete, foram estabelecidos 10 corpos-de-prova de mesmas características (tipo e preparo do substrato, argamassa de revestimento, forma de aplicação da argamassa, dimensões das pastilhas 50mm x 50mm).

Os intervalos de tempos para cada amostragem foram definidos após a análise dos resultados do projeto piloto, sendo eles: 10, 15, 20, 25, 35, 45 e 60 minutos.

Figura 28. Modelo do ensaio e respectivos tempos em aberto

Ensaio	1	2	3	4	5	6	7
Tempo (min)	10	15	20	25	35	45	60
Tensão de aderência	2,4	2,35	2,35	2,2	1,9	1,5	1,21

Espalhamento da argamassa colante

A argamassa foi espalhada sobre as sete placas do substrato-padrão. Após estender a argamassa na direção longitudinal sobre a primeira das sete placas do substrato-padrão, foi acionado o cronômetro.

Figura 29. Espalhamento da argamassa colante.



Fonte: autor.

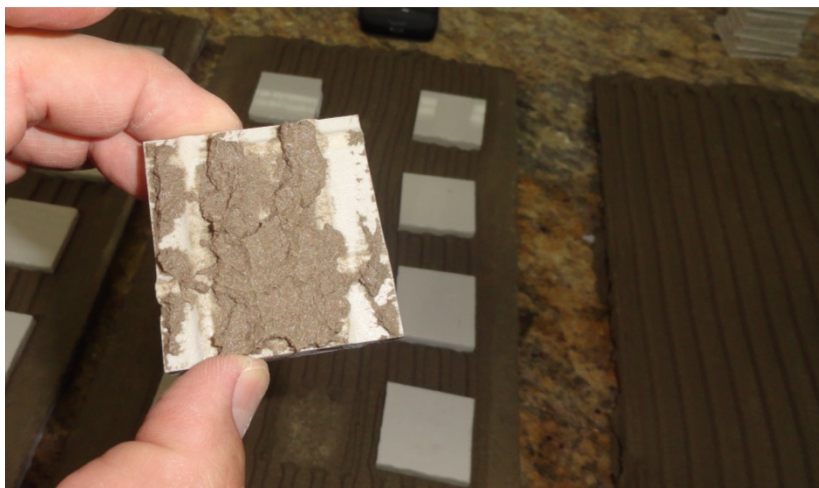
Transcorrido 10 (dez) minutos do tempo em aberto conforme estabelecido no planejamento do programa experimental, foram posicionados dez corpos de provas na placa de substrato padrão correspondente, conforme figura 30 sobre quatro cordões da argamassa colante, de modo que as arestas dos corpos de prova ficassem separadas aproximadamente 50mm entre elas e de no mínimo 25mm entre suas arestas e a borda mais próxima do substrato-padrão. Cada corpo de prova recebeu uma carga centralizadora de 2 kg de massa-padrão durante 30s.

Figura 30. Sequência de três placas de ensaio já com o posicionamento das dez placas cerâmicas sobre quatro cordões de argamassa colante com os respectivos tempos em aberto (10, 15, 20 minutos).



Fonte: autor.

Figura 31. Teste de aderência com placa cerâmica adicional, removendo imediatamente após o assentamento, observando o verso se estava totalmente impregnado de argamassa colante.



Fonte: autor.

Passados 15, 20, 25, 35, 45 e 60 minutos do tempo inicial da aplicação da argamassa, repetiu-se a operação de assentamento dos demais corpos de provas sobre as seus respectivos substratos-padrões. Após alguns minutos do assentamento, foi retirada toda a argamassa colante não coberta pela cerâmica, com a ajuda da espátula.

A preparação do ensaio foi realizado no dia 28/10/2014 das 09:00 às 11:00, com a temperatura ambiente do laboratório de 24,1° C e umidade relativa do ar de 90%.

5.3.3 Ensaio de arrancamento

Os conjuntos formados por substrato-padrão, argamassa e corpos de provas foram estocados em local não confinado durante 28 dias nas condições ambientais do laboratório e permaneceram na posição horizontal.

Colagem das pastilhas metálicas

A superfície do corpo-de-prova de revestimento cerâmico sobre a qual vai ser colada a pastilha metálica foi limpa para a remoção das partículas soltas.

A superfície da pastilha metálica está isenta de qualquer resíduo de ensaios anteriores. Aplicada a cola, bem homogeneizada, com espátula sobre a pastilha metálica e colocada sobre o revestimento.

Pressionado a pastilha de maneira que fosse garantido o total espalhamento da cola, removendo o excesso com espátula. A espessura da camada de cola não ultrapassou 5 mm e foi aguardado o tempo recomendado pelo fabricante para a secagem da cola.

Figura 32. Colagem das pastilhas metálicas sobre as placas cerâmicas.



Fonte: autor.

Procedimento de medida

Os ensaios de resistência de aderência à tração foram realizados nas datas 25, 26 e 27 de novembro de 2014.

A taxa de carregamento selecionada foi em função da resistência de aderência à tração durando entre 10 e 25 segundos. Como a resistência de aderência esperada é acima de 1,00 MPa, a taxa de carregamento foi de 200 N/s.

Para cada corpo de prova, foi acoplado o equipamento de tração à pastilha metálica sendo realizado conforme ilustrado na Figura 33. Cada um dos corpos de provas foi submetido aos esforços de tração perpendiculares, com a taxa de carregamento exercida até o deslocamento ou ruptura do conjunto corpo-de-prova. Foram registradas as cargas de rupturas dos corpos de provas, em N e anotados e identificados as interfaces onde ocorreu a ruptura.

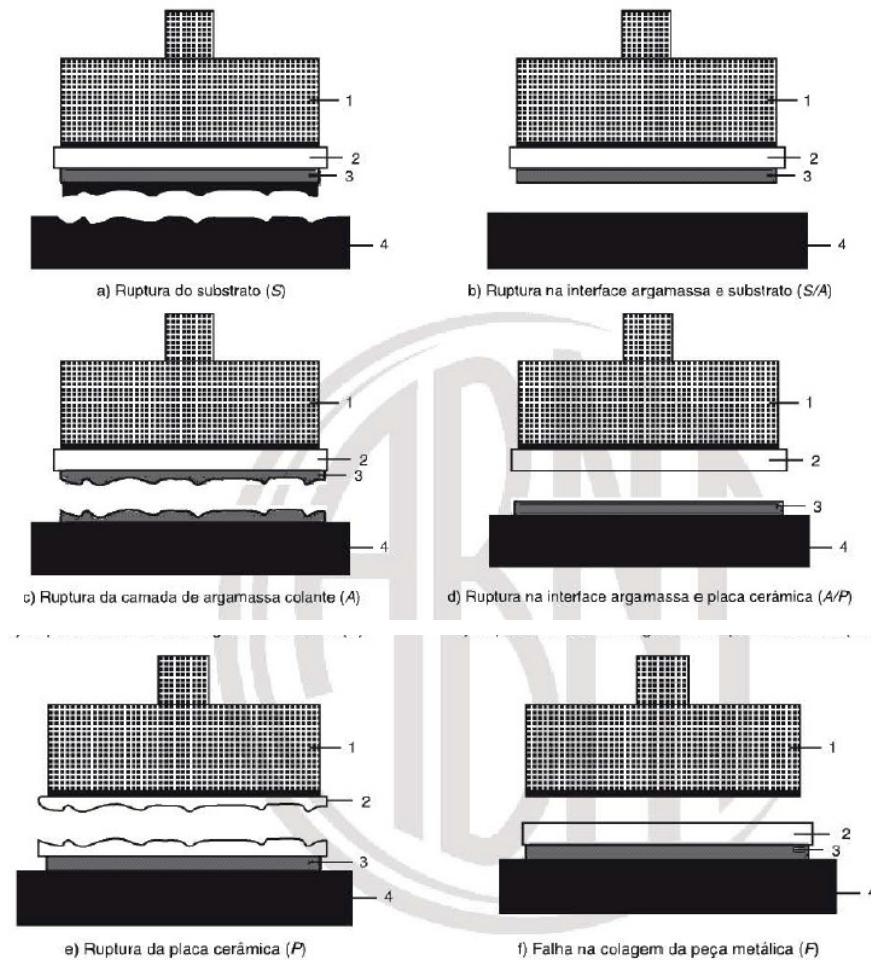
Figura 33. Ensaio de arrancamento das placas cerâmicas.



Fonte: autor.

Após o deslocamento, foi examinada cada placa cerâmica e descrito o tipo de ruptura conforme descrito e ilustrado nas figuras a seguir:

Figura 34. Tipos de ruptura.



Legenda: 1 – Placa metálica; 2 – Placa cerâmica, 3 – Argamassa colante, 4 – Substrato-padrão

- a) Ruptura no substrato (S);
- b) Ruptura na interface argamassa e substrato (S/A);
- c) Ruptura na camada de argamassa colante (A);
- d) Ruptura na interface argamassa e placa cerâmica (A/P);
- e) Ruptura da placa cerâmica (P);
- f) Ruptura na colagem da peça metálica (F).

O cálculo da tensão de ruptura (f_t) de cada placa cerâmica, foi calculado mediante a seguinte equação:

$$f_t = \frac{T}{A}$$

Onde

f_t é a tensão de ruptura, arredondada à segunda decimal, expressa em megapascals (MPa);

T é a força de ruptura, expressa em newtons (N);

A é a área da placa cerâmica, expressa em milímetros quadrados (mm^2), considerada igual a 2.500 mm^2 .

O cálculo da tensão média de ruptura por tração das placas correspondentes a cada série assentada, sem arredondamento, desconsiderou os resultados obtidos com rupturas dos tipos S, P e F descritas acima.

O saneamento das amostras ocorreu conforme prescrito na Norma 14081-3 (ABNT, 2012) onde os resultados obtidos com ruptura do tipo S, P ou F foram desconsiderados.

Se analisarmos as resistências apresentadas de cada corpo de prova isoladamente verificaremos que todos os resultados apresentaram resistência inferior à 1 Mpa de tração. Esses resultados ficaram abaixo da resistência de aderência esperada para o tipo de argamassa colante, tipo ACIII se compararmos com o que é estabelecido pela norma NBR 14081 (ABNT, 2012), no entanto não influenciou nas observações de resistência X tempo em aberto.

Apesar disso, foi necessário analisarmos os tipos de rupturas ocorridas no momento da obtenção da resistência a tração de modo a verificar o que influenciou nos resultados.

Tomando como referência a média dos resultados de resistência a tração apresentados na Tabela 7 e considerando o tempo em aberto de 10 minutos como a referência da análise dos demais, observou-se que aumentando o tempo tivemos os seguintes resultados:

- Com **15 minutos** de tempo em aberto a resistência reduz 16,38% da resistência inicial e há predominância de ruptura na interface argamassa e placa cerâmica.
- Com **20 minutos** de tempo em aberto a resistência reduz 23,77% da resistência inicial e há predominância de ruptura na interface argamassa e placa cerâmica.
- Com **25 minutos** de tempo em aberto a resistência reduz 36,09% da resistência inicial e há predominância de ruptura na camada da argamassa colante.
- Com **35 minutos** de tempo em aberto a resistência reduz 14,36% da resistência inicial e há predominância de ruptura na interface argamassa e placa cerâmica.
- Com **45 minutos** de tempo em aberto a resistência reduz 23,57% da resistência inicial e há predominância de ruptura na interface argamassa e placa cerâmica.
- Com **60 minutos** de tempo em aberto a resistência reduz 41,65% da resistência inicial e há predominância de ruptura na interface argamassa e placa cerâmica.

De todos os resultados apresentados observa-se tendência de redução da resistência a tração em função do aumento do tempo em aberto, bem como 67,16% dos corpos de provas indicaram rupturas na interface argamassa e placa cerâmica.

Em decorrência disso, os resultados da resistência a tração apresentados se analisados em conjunto com o tipo de ruptura não representam a resistência a tração específica da argamassa colante, tipo ACIII, exigida pela norma NBR 14081 (ABNT, 2012) porque não

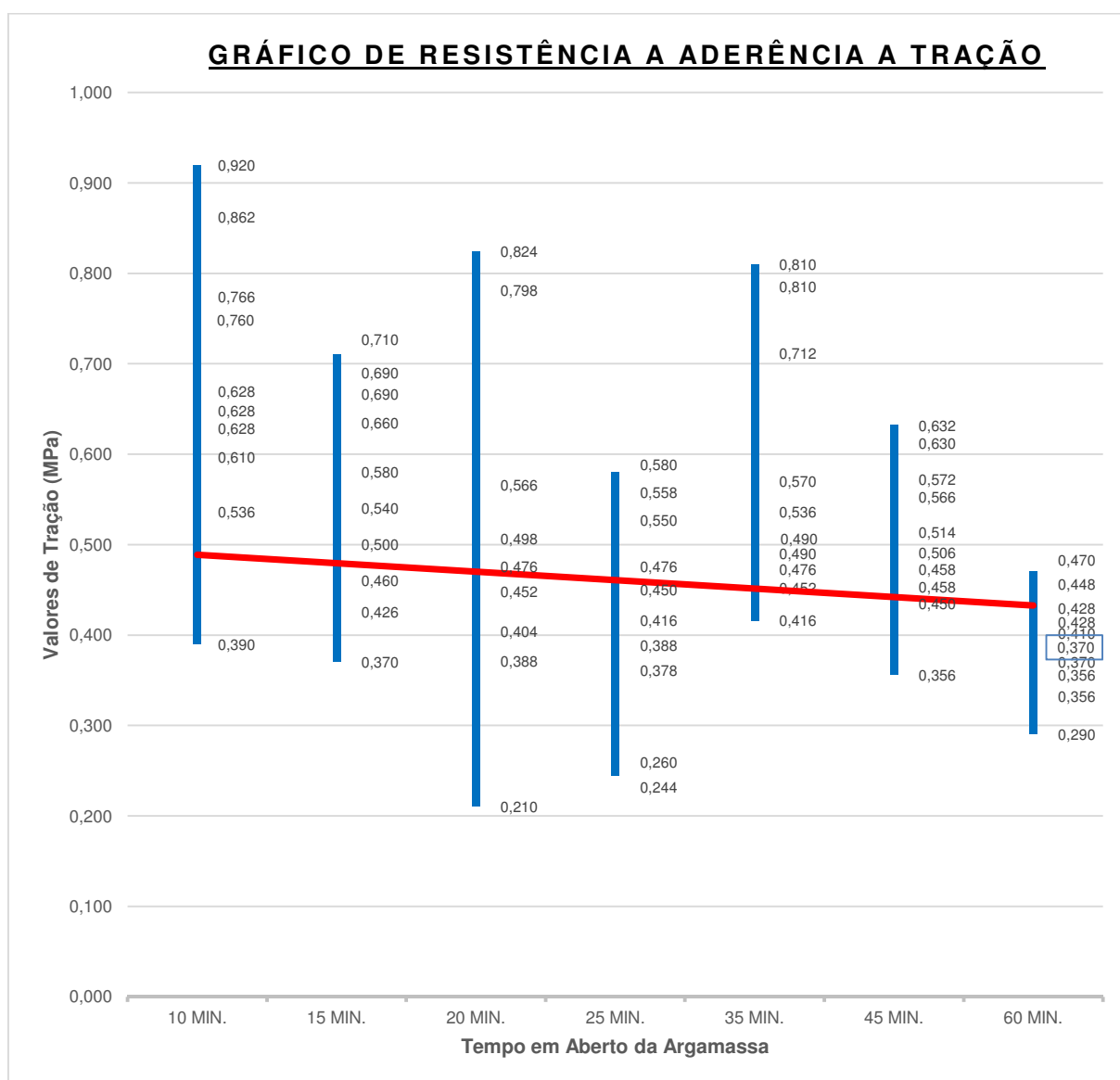
houve a predominância do rompimento na argamassa colante, mas sim na interface com a placa cerâmica, o que influenciou diretamente sobre os resultados.

Portanto; se compararmos os resultados de resistência a tração com a norma NBR 14084 (ABNT, 2004) os mesmos atendem as exigências para o conjunto argamassa colante e placa cerâmica.

7.2 GRÁFICOS

O gráfico cartesiano apresenta os resultados de tração de cada corpo de prova em função do tempo em aberto da argamassa colante transcritos em uma “linha vertical” de pontos definidos pelas coordenadas x e y, no qual demonstra a oscilação da resistência a tração dos corpos de prova em função de um mesmo tempo em aberto. Através dos resultados obtidos, é gerado uma “linha tendência” (linha vermelha) da resistência à tração ao longo do aumento do tempo em aberto.

Figura 35. Gráfico dos resultados do ensaio de resistência de aderência.



Apesar da média dos resultados não apresentarem redução gradativa e linear, existem fortes tendências da redução da resistência a tração do conjunto argamassa e placa cerâmica ao longo do aumento do tempo em aberto da argamassa colante, de acordo com a figura 35.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo serão feitas as considerações finais sobre o programa experimental analisado e sobre os resultados obtidos nos ensaios. Foram feitas também sugestões para trabalhos futuros, que podem estender o conhecimento sobre as boas práticas do uso da argamassa colante industrializada.

8.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análises e averiguações dos resultados descritos no capítulo anterior, confirmou-se que realmente há a redução da resistência a tração ao longo dos diferentes tempos em aberto da argamassa comprovando-se também que além dos problemas e dificuldades encontradas nas obras, como a falta de mão de obra especializada, processos executivos viciados e condições ambientais adversas (exposição ao vento e a variações térmicas), é importante divulgar e implantar nos procedimentos de trabalho a atenção para o tempo em aberto da argamassa colante.

a. Tempo em aberto

De acordo com a proposta de trabalho, além de toda abordagem teórica no tema que descreve as origens, causas e consequências do extrapolar do tempo em aberto da argamassa colante, a decisão em realizar o programa experimental foi importante para confirmar a hipótese de que é pertinente a influência na redução da resistência à tração da argamassa em função do tempo em aberto da mistura, conforme demonstrado no gráfico da Figura 35.

Na nossa análise, adotou-se o tempo de vinte minutos, limite inferior da Norma, como o nosso referencial do tempo em aberto para verificar o desempenho da Argamassa Colante AC III. A partir do tempo de 25 minutos, notou-se o início do comprometimento da plasticidade e resistência de aderência à tração da argamassa junto ao corpo de prova no substrato.

b. Forma de ruptura diferente do esperado

Observou-se, conforme demonstrado na Tabela 7, que 67,16% da forma de ruptura no programa experimental foram do tipo A/P, ou seja, ruptura na interface argamassa e placa cerâmica. Diferente, portanto, dos resultados contidos no Relatório de Ensaio do SENAI para a empresa Saint-Gobain do Brasil (Anexo C) – Divisão Weber Quartzolit Pedido nº 103/13 –

material ensaiado: argamassa colante AC II – onde demonstravam uma predominância maior ou igual à 80% para ruptura do tipo A, ou seja, ruptura na camada de argamassa colante com a utilização de cerâmica classificação BIII para o grau de absorção de água.

Atribui-se o resultado obtido no programa experimental deste trabalho, a utilização de porcelanato e seu enquadramento na classificação do grau de absorção de água como BIa – baixa absorção. A fixação da argamassa colante ao porcelanato se dá através da aderência química devido a sua baixa porosidade e dificuldade de penetração do micro agulhamento das partículas do cimento no caso de uma argamassa convencional o que impede a formação de aderência mecânica.

c. Condições ambientais de laboratório

Levando em conta que um dos parâmetros de controles especificados em norma são os fatores ambientais (temperatura, umidade relativa e velocidade do vento) devido a influência destes nos resultados dos ensaios, e dada a impossibilidade de exercer controle sobre estes parâmetros no laboratório utilizado; entende-se que o método de ensaio utilizado (programa experimental) resultou em valores iniciais inferiores a 1 (um) MPa no ensaio de resistência à tração da argamassa colante.

8.2 TRABALHOS FUTUROS

Diante da complexidade e importância do tema, além da quantidade de parâmetros envolvidos na execução do assentamento dos revestimentos cerâmicos utilizando-se da argamassa colante industrializada, recomenda-se que sejam abordados em trabalhos futuros:

- a) Execução de ensaios de arrancamento diretamente na fachada ou piso de uma edificação para que se possam traçar paralelos entre os ensaios da Norma e a realidade de campo.
- b) Execução de ensaios para identificar e mensurar a divergência entre a resistência à tração quando aplicado em diferentes materiais de revestimentos cerâmicos na parede, considerando a aplicação para as mesmas condições ambientais, argamassa, submetidos à mesma tecnologia, aos mesmos controles e metodologias de execução.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7200:** Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. **NBR 9575:** Seleção e projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR 13281:** argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

_____. **NBR 13528:** Revestimento de parede e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

DÉTRICHÉ, C.H. et al. Influence des paramètres de mise en oeuvre et de composition sur le comportement des mortiers d'enduit. **Matériaux et Constructions**, v.18, n.105, p. 193-200, 1985.

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

_____. **NBR 14081-2:** Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas: execução do substrato-padrão e aplicação de argamassa para ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

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

ALLUCCI, M. P. **Bolor em edifícios: Causas e recomendações.** Tecnologia das Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988. p. 565-70.

ÁSSY, T.M. **Mecânica dos fluídos.** São Paulo. Plêiade, 1996.

BARROS, M.M.S.B.; SABBATINI, F.H.; LORDSLEEN JUNIOR, A.C. **Recomendações para produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria**. Projeto E-PUSP/SENAI. São Paulo, 1998. 40p.

BAUER, R. **Deslocamentos em revestimentos cerâmicos análises e recomendações**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1995, Goiânia. **Anais...Goiás**: UFG; ANTAC, 1995.p.193-202.

BAUER, R. J. F. **Patologia em revestimentos de argamassa inorgânica**. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, Salvador, 1997. Anais p.321-33.

BRASIL, **Lei 8.078, de 11 de setembro de 1990**: Código de defesa do consumidor. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8078.htm>. Acesso em: 10 de dezembro de 2014.

CAMPANTE. Edmilson. **Metodologia para diagnóstico, recuperação e prevenção de manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachada**. São Paulo, 2001. 407 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

CASIMIR, C. **Testing, evaluation and diagnostics**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BUILDING ENVELOPE SYSTEMS AND TECHNOLOGY. Singapore, 1994, Singapore, 1994. p.79-84

CICHINELLI, G. Patologias cerâmicas: porque ocorrem os deslocamentos e trincas em edificações revestidas com cerâmicas e quais as recomendações dos especialistas para evitar problemas. In: **Revista Técnica**: a revista do Engenheiro Civil, n. 116, p. 44-50, nov. 2006

DÉTRICHÉ, C.H. et al. Influence des paramètres de mise en oeuvre et de composition sur le comportement des mortiers d'enduit. **Matériaux et Constructions**, v. 18, n. 105, p. 193-200, 1985.

ESQUIVEL, Juan Francisco Temoche Esqueviel. **Avaliação do uso de revestimentos cerâmicos de fachada em edifícios residenciais multifamiliares em São Paulo**: estudo de caso região sul – 1994-1998. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – USP. São Paulo, 2001.

FIORITTO, A.J.S.I. **Manual de argamassas e revestimentos**: estudos e procedimentos de execução. São Paulo: PINI, 1994.

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

HOUSEL, W.S. **Misconceptions in the use of surface tension in capillarity**. [S.l.: s.n.], 1950.

KLEIN, D. L. **Apostila do curso de patologia das construções**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS. 10. Porto Alegre, 1999.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das Construções: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações**: São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1985. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, 1985.

LORDSLEEM JÚNIOR, A. C.; FRANCO, L.S. **Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação**: avaliação da capacidade de deformação. São Paulo: EPUSP, 1998. Boletim técnico n. 195.

LUCAS, J.A.C. **Classificação e descrição geral de revestimentos para paredes de alvenaria ou de betão**. Lisboa: LNEC-ITE 24, 1999. 175p.

MEDEIROS, J.S **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachada de edifícios**. 1999. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de achadas de edifícios**: 1999. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

OHAMA, Y. Principle of latex modification and some typical properties of latex-modified mortars and concretes. **ACI Materials Journal**, p. 511-518, Nov./De. 1987.

PEDRO, E. G.; MAIA, L. E. F. C. ; ROCHA, M. O.; CHAVES, M. V. . **Patologia em Revestimento Cerâmico de Fachada**. Curso de Pós-Graduação do CECON, Especialização em Engenharia de Avaliações e Perícias. Síntese de Monografia. Belo Horizonte – MG, 2002.

PERRY, J.; WEST, D. Principles of external tiling design, In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BUILDING ENVELOPE SYSTEMS AND TECHNOLOGY, Singapore, 1994. **Proceedings**. Singapore. CIDB-NTU, p.85-90

PÓVOAS, Y.V.; JOHN, V.M.; CINCOTTO, M.A. A influência do HEC e do PVAc na perda de água por sucção das argamassas colantes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 3., 1999, Vitória. **Anais...** Vitória: PPGEC; ANTAC, 1999. V. 1, P.405-416

QUINTEIRO, E.; MENEGAZZO, A. P. M.; PASCHOAL, J.O.A.; GIBERTONI, C.; TEIXEIRA NETO, O. Manchamento do engobe em placas cerâmicas esmaltadas para revestimento – parte 1: a mancha d’água. In: **Cerâmica Industrial**, v. 15, n. 3, p. 19-23, maio/jun.2010.

RECENA, FERNANDO ANTONIO PIAZZA: **Conhecendo argamassa** - 2º Edição – Porto Alegre: EDIPUCRS, 2011. 188p.

RIBEIRO, F.A.; BARROS, M.M.S.B. **Juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachada**. 1ª Ed. São Paulo: Editora Pini, 2010. 144p.

SABBATINI, F. H.; BARROS, M.M.S.B. **Recomendações para a produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria**. Escola Politécnica da USP, PCC. São Paulo. 1990. R6-07/90 – Convênio EPUSP/ENCOL; CPqDCC - EPUSP).

SHIRAKAWA, M. A. **Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente.** In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, Goiânia, 1995. Anais p.402-10.

SILVA, D.A.; ROMAN, H.R. Pastas de cimento modificadas com polímeros HEC e EVA: estudo da distribuição de tamanho de poros. In. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 4., 2001, Brasília. **Anais...** Brasília: PECC; ANTAC, 2001. P. 321-332.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** São Paulo. Pini, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1989.

UEMOTO, K. L. **Patologia: Danos causados por eflorescência.** Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988. p. 561-564.

VERÇOZA, ÊNIO JOSÉ. **Patologia das edificações.** Porto Alegre: Sagra, 1991. 172p.

WACKER, Vinyl Acetate Polymers. Vinnapas: Redispersible Powders. [1996]. Folder.

APÊNDICE A – Ensaio de arrancamento à tração

Neste apêndice são apresentados os resultados do ensaio de arrancamento das sete placas padrões de substrato e seus respectivos tempos em aberto.

ANEXO A – Ficha técnica da argamassa colante Arga Plus (AC III)

Neste anexo é apresentada a ficha técnica da argamassa colante utilizada.

ANEXO B – Ficha técnica da placa cerâmica (Porcelanato)

Neste anexo é apresentada a ficha técnica da placa cerâmica (porcelanato) Trento Bianco - Biancogrês.

ANEXO C – Relatório de ensaios – SENAI

Neste anexo é apresentada o Relatório de Ensaaios do SENAI para a empresa Saint-Gobain do Brasil – Divisão Weber Quartzolit Pedido nº 103/13 – material ensaiado: argamassa colante AC II.