



**APLICAÇÃO DE ENDURECEDOR DE SUPERFÍCIES EM ARGAMASSA DE EMBOÇO DE
BASE PARA REVESTIMENTO CERÂMICO: INFLUÊNCIA NA RESISTÊNCIA DE
ADERÊNCIA A TRAÇÃO**

SÃO PAULO
2010



DÉBORA SANCHES DE ALEXANDRE
LUCIANA ARAUJO MAURÍCIO VARELLA
LUCIANA DE OLIVEIRA

**APLICAÇÃO DE ENDURECEDOR DE SUPERFÍCIES EM ARGAMASSA DE EMBOÇO DE
BASE PARA REVESTIMENTO CERÂMICO: INFLUÊNCIA NA RESISTÊNCIA DE
ADERÊNCIA A TRAÇÃO**

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

Orientador: Prof. Msc. Luís César De Luca

SÃO PAULO
2010

FOLHA DE APROVAÇÃO

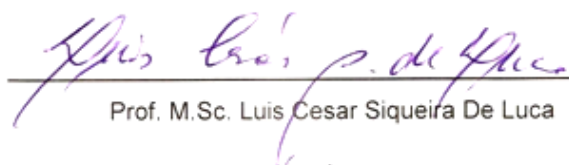
**APLICAÇÃO DE ENDURECEDOR DE SUPERFÍCIE EM ARGAMASSA DE EMBOÇO DE
BASE PARA REVESTIMENTO CERÂMICO: INFLUÊNCIA NA RESISTÊNCIA DE
ADERÊNCIA À TRAÇÃO**

Por

DÉBORA SANCHES DE ALEXANDRE
LUCIANA ARAUJO MAURÍCIO VARELLA
LUCIANA DE OLIVEIRA

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO
DE ESPECIALISTA EM PATOLOGIA NAS OBRAS CIVIS, DO INSTITUTO IDD, PELA
COMISSÃO FORMADA PELOS PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

São Paulo (SP) 14 de Dezembro de 2010


Prof. M.Sc. Luis Cesar Siqueira De Luca


Prof. Dr. Enio José Pazini Figueiredo


Prof. M.Sc. Thomas Garcia Carmona

AGRADECIMENTOS

Ao engenheiro civil prof. Luis César Siqueira De Luca pela valiosa colaboração, pelas sugestões e ensinamentos transmitidos.

Aos professores do curso de Pós Graduação em Patologia nas Obras Civis do Instituto IDD pela formação e ensinamentos dados.

A empresa Mc Bauchemie pela disponibilização do produto: endurecedor de superfície utilizado na pesquisa.

Ao Walney e a empresa Cortesia Serviços de Concretagem Ltda, pelo apoio no desenvolvimento de toda a etapa experimental, colocando a nossa disposição materiais, mão de obra e espaço físico para realização deste.

Aos funcionários da empresa Cortesia: Delcivan, Gil, Rodrigo, Samuel, Odilon, Idalécio, Fabio, Tiago, Eduardo e ao encarregado Gilson, pelo auxílio, disponibilidade e boa vontade que sempre demonstraram durante a realização de todo programa experimental.

A empresa Hipermix do Brasil Serviços de Concretagem Ltda e a gerente Michele, pelo empréstimo de equipamentos e ao Marcos por nos auxiliar nos ensaios de arrancamento.

Aos colegas da Pós Graduação, Virginia, Lilian, André, Douglas, Eriston, Camila, José Mario, Carlos, Kátia, Alberto, Renato, Cândido, Fábio e Marcos pelos trabalhos desenvolvidos, experiências divididas e pelo convívio agradável.

Aos engenheiros civis Jerônimo Cabral e Renato Sahade, pelas dicas preciosas e pelas muitas dúvidas esclarecidas.

As nossas mães, Julia, Edméa e Iracy, grandes mulheres que no decorrer desta caminhada nos apoiaram incondicionalmente, com palavras e gestos de amor acreditando sempre.

Aos nossos pais, Lourival (*in memorian*), Oswaldo e João (*in memorian*), por toda admiração que temos amor, carinho e gratidão.

Aos esposos, Fábio e Rodrigo, e ao namorado, Dias, sem vocês não seria possível a realização deste trabalho, nossos sinceros agradecimentos com todo amor e carinho.

A filha Mirella, irmãos, Alcione, Daniel e Morgana, e sobrinhos, Beatriz e Augusto, obrigada pela paciência e carinho.

Agradecemos a Deus por ter nos dado força, equilíbrio e saúde para a conclusão de mais uma etapa.

Obrigada Senhor!

Débora Sanches, Luciana Varellá e Luciana Oliveira

RESUMO

Os endurecedores de superfície vêm sendo amplamente utilizados em pisos de concreto como proteção superficial, a fim de melhorar a resistência à abrasão do mesmo. Mais recentemente, os mesmos estão sendo aplicados em fachadas com revestimentos em argamassa, como proteção, e até utilizados em recuperação de revestimentos cerâmicos, sobre argamassas de emboço com problemas de resistência de aderência à tração. Neste contexto, o presente trabalho, predominantemente experimental, tem por objetivo avaliar a influência da aplicação dos endurecedores de superfície na resistência de aderência à tração em argamassas de base para revestimentos cerâmicos. Para tal, foram confeccionados cinco painéis de argamassa com traço “pobre”, sendo o painel que não recebeu endurecedor de superfície chamado de uma argamassa “padrão” e os outros quatro com aplicação de endurecedores de superfície de duas bases distintas (silicato de sódio e fluorsilicato de magnésio), através de pintura e aspersão cada um. Posteriormente foram realizados os ensaios de determinação da resistência de aderência à tração. Como resultado, foi constatado que para cada produto e aplicação utilizada, o desempenho foi diferente, mas em todos os casos houve ganho na resistência de aderência à tração.

Palavras chave: endurecedor de superfície, argamassa de emboço, resistência de aderência à tração.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura dos revestimentos de um sistema de revestimento cerâmico...	19
Figura 2 – Posição dos corpos-de-prova para a realização do ensaio.....	58
Figura 3 – Delimitação do corpo-de-prova de revestimento pelo corte	59
Figura 4 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento sem chapisco.....	61
Figura 5 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento com chapisco.....	61
Figura 6 – Croqui de divisão da parede existente em painéis	64
Figura 7 – Vista do painel de argamassa de emboço em corte.....	65
Figura 8 – Croqui de aplicação dos endurecedores superficiais.	70
Figura 9 – Gráfico dos tipos de substratos ensaiados x média das resistências de aderência à tração.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Espessuras admissíveis de revestimento interno e externo para parede	17
Tabela 2 – Limites da resistência de aderência à tração (Ra) para emboço e camada única.....	18
Tabela 3 – Características das bases de aplicação do revestimento.....	22
Tabela 4 – Requisitos das argamassas colantes industrializadas.....	43
Tabela 5 – Classificação quanto aos métodos de fabricação.....	45
Tabela 6 – Classificação quanto ao acabamento.....	47
Tabela 7 – Grupos de absorção de água	47
Tabela 8 - Codificação dos grupos de absorção de água em função dos métodos de fabricação.....	48
Tabela 9 – Estágios de abrasão.....	49
Tabela 10 – Recomendações de uso conforme classe de abrasão superficial.	49
Tabela 11 - Resistência às manchas	50
Tabela 12 – Vantagens e desvantagens dos consolidantes orgânicos e inorgânicos	56
Tabela 13 – Resultado dos ensaios de resistência à compressão da argamassa. ...	75
Tabela 14 – Tabela resumo do ensaio de resistência de aderência à tração.	76
Tabela 15 – Tabela comparativa dos sistemas de endurecedores superficiais em relação à argamassa padrão.....	76
Tabela 16 – Tabela de avaliação dos produtos quanto aos diferentes sistemas de aplicação.....	78
Tabela 17 – Tabela de avaliação do sistema de aplicação quanto aos diferentes produtos utilizados.	78

LISTA DE FOTOS

Foto 1 – Vista do tambor do produto Lapidolith do fabricante Basf e do galão do produto Quickset do fabricante Mc-Bauchemie.....	66
Foto 2 – Vista da lata de cola à base de resina de poliéster.	66
Foto 3 - Vista da balança, mostrando 7,04 kg de cal hidratada (a) e 3,52 Kg de cimento CP-II (b).	67
Foto 4 - Vista da balança, mostrando 30,00 kg de areia (a) e 23,73 kg de areia (b). ..	68
Foto 5 – Vista da mistura da argamassa na betoneira (a) e a argamassa mista descarregada no carrinho de mão, para ser encaminhada ao local da execução do emboço (b).	68
Foto 6 – Vista da parede existente: divisão em painéis e lançamento da argamassa.	69
Foto 7– Vista geral dos painéis 1 a 4, onde foram aplicados os endurecedores de superfície.....	71
Foto 8 – Vista dos painéis 1 e 2, onde foram aplicados através de pintura com rolo de espuma, os endurecedores de superfície: Lapidolith - fluorsilicato de magnésio (a) e Quickset – silicato de cálcio (b).	71
Foto 9 – Vista dos painéis 3 e 4, onde foram aplicados através de aspersão por meio de espargidor do tipo agrícola, os endurecedores de superfície: Lapidolith - fluorsilicato de magnésio (a) e Quickset – silicato de cálcio (b).	72
Foto 10 - Distribuição dos corpos de prova para o ensaio de resistência à tração. ..	73
Foto 11 - Execução do ensaio no painel com argamassa “padrão”.	73
Foto 12 – Execução do ensaio nos painéis com aplicação de Lapidolith - fluorsilicato de magnésio, através de pintura com rolo (a) e aspersão(b). Observa-se em detalhe o dinamômetro utilizado no ensaio e o corpo de prova rompido (a).	74
Foto 13 - Execução do ensaio no painel com aplicação de Quickset - silicato de sódio através de rolo (a) e através de aspersão (b).	74

LISTA DE EQUAÇÕES

2. 1 – Equação da Dilatação Térmica Linear.....	51
2. 2 – Equação para Determinação da Resistência de Aderência à Tração	60

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA.....	12
1.2	OBJETIVOS	12
1.2.1	Objetivo Geral.....	12
1.2.2	Objetivos Específicos	13
1.3	HIPÓTESE.....	13
1.4	JUSTIFICATIVAS	13
1.4.1	Justificativas Tecnológicas	13
1.4.2	Justificativas Econômicas.....	13
1.4.3	Justificativas Sociais.....	14
1.4.4	Justificativas Ecológicas	14
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	14
1.6	APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1	SISTEMA DE REVESTIMENTO	16
2.2	REVESTIMENTO DE ARGAMASSA.....	17
2.2.1	Argamassa de Revestimento	18
2.3	ESTRUTURA DOS REVESTIMENTOS.....	19
2.3.1	Base ou Substrato	20
2.3.2	Chapisco	22
2.3.3	Emboço	24
2.3.4	Reboco	26
2.3.5	Acabamento Decorativo.....	27
2.4	PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO	27
2.4.1	Propriedades no estado fresco	27
2.4.1.1	Massa específica e teor de ar incorporado	27
2.4.1.2	Trabalhabilidade	28
2.4.1.3	Aderência inicial.....	28
2.4.1.4	Retenção de água.....	28
2.4.1.5	Retração na secagem.....	29
2.4.2	Propriedades no estado endurecido	29
2.4.2.1	Aderência.....	29
2.4.2.2	Capacidade de absorção de deformações.....	30
2.4.2.3	Retração	31

2.4.2.4	Resistência mecânica	31
2.4.2.5	Durabilidade	31
2.4.2.6	Permeabilidade	32
2.5	<i>MATERIAIS CONSTITUINTES</i>	32
2.5.1	Aglomerantes	33
2.5.1.1	Cal	33
2.5.1.2	Cimento Portland.....	34
2.5.2	Agregados.....	36
2.5.3	Adições.....	37
2.5.4	Aditivos	38
2.5.5	Água de amassamento	39
2.6	<i>TIPOS DE PREPARO E FORNECIMENTO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO</i> ..	39
2.6.1	Argamassa dosada na obra	40
2.6.2	Argamassa industrializada fornecida em sacos	40
2.6.3	Argamassa fornecida em silos	40
2.6.4	Argamassa dosada na central	40
2.7	<i>TIPOS DE ADERÊNCIA DA ARGAMASSA AO SUBSTRATO</i>	40
2.7.1	Aderência mecânica	41
2.7.2	Aderência química	41
2.8	<i>ARGAMASSA COLANTE</i>	42
2.9	<i>PLACA CERÂMICA</i>	44
2.9.1	Métodos de fabricação	44
2.9.2	Acabamento.....	46
2.9.3	Absorção de água.....	47
2.9.4	Resistência à abrasão.....	48
2.9.5	Resistência ao manchamento.....	49
2.9.6	Resistência ao ataque de agentes químicos	50
2.9.7	Carga de ruptura e módulo de resistência à flexão	50
2.9.8	Dilatação térmica linear e expansão por umidade	51
2.9.9	Gretamento	52
2.9.10	Características geométricas	52
2.10	<i>ARGAMASSA DE REJUNTAMENTO</i>	52
2.11	<i>CONSOLIDAÇÃO DOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA</i>	53
2.11.1	Classificação dos consolidantes	54
2.11.2	Propriedades dos consolidantes.....	54
2.11.3	Principais consolidantes disponíveis.....	55
2.11.4	Vantagens e desvantagens dos consolidantes	56
2.11.5	Endurecedores de superfície	57

2.12	ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE REVESTIMENTOS DE PAREDES E TETOS DE ARGAMASSAS INORGÂNICAS	57
3	PROGRAMA EXPERIMENTAL	63
3.1	MATERIAIS	64
3.1.1	Substrato	64
3.1.2	Argamassa.....	64
3.1.3	Endurecedor de superfície	65
3.1.4	Cola.....	66
3.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	67
3.2.1	Preparo do revestimento de argamassa de emboço.....	67
3.2.2	Aplicação da argamassa de emboço.....	68
3.2.3	Aplicação do endurecedor de superfície	69
3.2.4	Determinação da resistência de aderência à tração	72
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	75
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	79
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	80
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
7	APÊNDICE.....	86
8	ANEXO	91

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho se propõe a estudar a aplicação de endurecedor de superfícies em argamassas de emboço e sua influência na resistência de aderência à tração da mesma, como contribuição para trabalhos de recuperação de fachadas com revestimentos cerâmicos.

Atualmente, uma das manifestações patológicas mais comuns em revestimentos cerâmicos de fachadas são os descolamentos, com conseqüentes deslocamentos, que por estarem diretamente ligadas à segurança do usuário, são muito preocupantes. Os descolamentos são falhas ocasionadas pelo surgimento de tensões que ultrapassam a capacidade resistente dos componentes do sistema de revestimento cerâmico e das ligações de suas interfaces. Por exemplo, numa fachada com revestimento cerâmico apresentando descolamentos com rupturas no interior da argamassa de emboço, é provável a existência de problemas de resistência à tração. Nesse caso, a recomendação para recuperação, provavelmente, apontaria a necessidade de remoção total da camada de emboço. No entanto, para casos com diagnóstico semelhante, tem-se observado no mercado uma prática utilizando endurecedores de superfície sobre a argamassa de emboço com intuito de melhorar a resistência de aderência à tração do sistema; prática esta que será investigada pelo presente trabalho.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A aplicação de endurecedor de superfícies sobre argamassa de emboço, base para revestimento cerâmico, influencia na resistência à tração da mesma?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar, através de ensaios, a resistência de aderência à tração de argamassa de emboço, base para revestimento cerâmico, com a aplicação de endurecedor de superfícies.

1.2.2 Objetivos Específicos

São objetivos específicos deste trabalho:

- a) Comparar os resultados da resistência de aderência à tração da argamassa com e sem aplicação do endurecedor de superfícies e determinar o possível ganho de resistência com a aplicação do endurecedor;
- b) Verificar se o tipo de aplicação do endurecedor de superfície influencia no ganho de resistência de aderência à tração da argamassa;

1.3 HIPÓTESE

Com a aplicação do endurecedor de superfície sobre a argamassa, seus componentes reagem com o hidróxido de cálcio, com a cal livre e outras partículas da pasta de cimento endurecida formando cristais de alta dureza, tornado a superfície mais resistente. Deste modo acredita-se que haverá um aumento na resistência de aderência à tração na argamassa de emboço, o que pode melhorar o sistema de revestimento cerâmico como um todo.

1.4 JUSTIFICATIVAS

1.4.1 Justificativas Tecnológicas

O estudo do desempenho da aplicação de endurecedores de superfícies sobre argamassa de emboço, base para revestimento cerâmico, pretende contribuir para o desenvolvimento da tecnologia de recuperação de fachadas com revestimento cerâmico, podendo, nos casos aplicáveis, preservar a camada de emboço ainda que com problemas de resistência à tração e/ou superficial.

1.4.2 Justificativas Econômicas

Nos casos de recuperação de fachadas com revestimento cerâmico onde se constate problemas de resistência à tração e/ou superficial da argamassa de emboço, a

aplicação de endurecedores de superfícies, nos casos aplicáveis, irá reduzir os custos da obra, pelo fato de preservar a camada de emboço existente.

1.4.3 Justificativas Sociais

Nas obras de recuperação de fachadas “tradicionais” onde é necessária a remoção e recomposição total ou parcial da camada de emboço, e por vezes, chegam a expor o substrato e a estrutura do edifício, geram grande insegurança e insatisfação no usuário. Do contrário, com o desenvolvimento da tecnologia de aplicação de endurecedor de superfície, estas obras tendem a ser muito mais rápidas, mais limpas, além de não exporem o substrato e estrutura do edifício.

1.4.4 Justificativas Ecológicas

Com o desenvolvimento da tecnologia de aplicação de endurecedor de superfície sobre argamassas de emboço base para revestimento cerâmico, as obras de recuperação de fachadas passam a gerar menos entulho do que numa obras de recuperação “tradicional” e, portanto, tem impacto ambiental menor.

1.5 PROCEDIMENTOS METODÓLOGICOS

A fim de atingir os objetivos, já expostos no item 1.2, este trabalho se desdobrará em duas etapas principais:

- a) a primeira etapa consiste em uma revisão bibliográfica acerca de sistema de revestimento cerâmico de fachada e endurecedor de superfície, através de consultas a dissertações, teses, monografias, artigos científicos, livros editados e normas aplicáveis, a fim de obter subsidio suficiente para execução da etapa a seguir;
- b) programa experimental (GIL, 1996), onde serão executados ensaios de determinação da resistência de aderência à tração em painéis com argamassa, sendo um deles sem utilização de endurecedor de superfície e outros dois painéis com utilização do endurecedor em duas formas diferentes de aplicação.

Após a conclusão dos ensaios, os resultados serão analisados em conformidade com as normas vigentes aplicáveis, e comparados entre si.

Finalmente, de acordo com as análises feitas será possível fazer considerações sobre o desempenho da aplicação de endurecedor de superfície sobre argamassa de emboço base para revestimento cerâmico.

1.6 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em 5 capítulos, cujos assuntos abordados serão apresentados a seguir.

O **Capítulo 1** apresenta o problema de pesquisa e seus objetivos, bem como delinea as principais justificativas para a realização deste estudo e os procedimentos metodológicos a serem adotados.

O **Capítulo 2** apresenta a revisão bibliográfica e discorre sobre o sistema de revestimento cerâmico de fachada, sua estrutura e materiais constituintes: chapisco, argamassa de emboço, argamassa colante, placa cerâmica para revestimento de fachada e argamassa de rejuntamento; aborda também os endurecedores de superfície e os ensaios de resistência de aderência à tração em argamassas.

O **Capítulo 3** trata sobre o programa experimental executado neste trabalho, apresentando a descrição dos passos adotados para execução dos painéis de argamassa, com e sem aplicação de endurecedor de superfície, para realização de ensaios de resistência de aderência à tração.

O **Capítulo 4** apresenta a análise dos resultados obtidos nos ensaios realizados nos painéis de argamassa, com e sem aplicação de endurecedor de superfície.

O **Capítulo 5** apresenta as considerações finais acerca da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

Este capítulo explorou aspectos fundamentais do trabalho, desde seu problema de pesquisa até a apresentação do mesmo. Já o capítulo seguinte apresentará a revisão bibliográfica, que serviu de base para o programa experimental.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O capítulo anterior expôs a temática sobre a qual versará o presente trabalho, mostrando os principais objetivos do mesmo e contextualizado a importância do assunto abordado.

Neste capítulo serão abordados assuntos relativos ao tema em estudo, o sistema de revestimento cerâmico de fachada e endurecedores de superfície, encontrados em publicações científicas, dissertações de mestrado, teses de doutorado, livros editados, além das prescrições normativas; que servirão de embasamento para a elaboração do programa experimental, descrito no capítulo 3.

2.1 SISTEMA DE REVESTIMENTO

O sistema de revestimento pode ser entendido como um conjunto de subsistemas. As funções de um sistema de revestimento vão desde a proteção à alvenaria, regularização das superfícies, estanqueidade, até funções de natureza estéticas, uma vez que se constitui do elemento de acabamento final das vedações. (Bauer, 2005)

Segundo NBR 13529 (ABNT,1995) - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas o sistema de revestimento é o conjunto formado por revestimento de argamassa e acabamento decorativo, compatível com a natureza da base, condições de exposição, acabamento final e desempenho, previstos em projeto.

Normalmente, os sistemas de revestimento atuam em suas funções e propriedades em conjunto com o substrato. Sendo assim não se pode falar, por exemplo, da aderência da argamassa, mas sim da aderência argamassa-substrato. As funções atribuídas à utilização dos sistemas de revestimento variam imensamente de edifício para edifício, ou seja, dependem em grande parte da concepção do edifício, suas fachadas e paredes e, do sistema de revestimento selecionado. (*Ibid.*).

Existem diversas opções de sistemas de revestimentos, utilizando peças cerâmicas assentes sobre emboço argamassado, empregar subsistemas de pinturas associados à argamassa (com variação de camadas), utilizar sistemas com o emprego de placas de rocha (tais como: placas de granito, mármore).

2.2 REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

A NBR 13529 (ABNT,1995) define revestimento de argamassa como o cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final.

Segundo Carasek (2007), os revestimentos de argamassa de parede devem exercer determinadas funções, a fim de permitir um desempenho satisfatório das edificações durante o seu tempo de vida útil, sendo que as principais funções desse tipo de revestimento são:

- a) proteger a alvenaria e a estrutura contra a ação do intemperismo, no caso de revestimentos externos;
- b) integrar o sistema de vedação dos edifícios, contribuindo com diversas funções, tais como: isolamento térmico, isolamento acústico, estanqueidade à água, segurança ao fogo e resistência ao desgaste e a abalos superficiais;
- c) regularizar a superfície dos elementos de vedação e servir como base para acabamentos decorativos, contribuindo para a estética da edificação.

A NBR 13749 (ABNT, 1996) - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação, prescreve que o revestimento de argamassa deve apresentar textura uniforme, sem imperfeições, tais como: cavidades, fissuras, manchas e eflorescência, devendo ser prevista na especificação de projeto a aceitação ou rejeição, conforme níveis de tolerâncias admitidas.

Os revestimentos de argamassa podem ser constituídos por uma ou mais camadas, ou seja: emboço e reboco, e camada única. A norma NBR 13749 (ABNT, 1996) indica as espessuras admissíveis, bem como níveis de aderência mínimos, dentre outros aspectos (Tabela 1 e Tabela 2).

Tabela 1 – Espessuras admissíveis de revestimento interno e externo para parede

Revestimento	Espessura (mm)
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Teto interno e externo	$e \leq 20$

Fonte: ABNT – NBR 13749 (1996)

Tabela 2 – Limites da resistência de aderência à tração (Ra) para emboço e camada única

Local	Acabamento	Ra (MPa)
Parede Interna	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,20$
	Cerâmica ou laminado	$\geq 0,30$
Parede Externa	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,30$
	Cerâmica	$\geq 0,30$
Teto		$\geq 0,20$

Fonte: ABNT – NBR 13749 (1996)

A norma NBR 13749 (ABNT, 1996) ainda prescreve no item 5.7.2 que o revestimento desta área deve ser aceito se cada grupo de seis ensaios realizados (idade ≥ 28 dias) pelo menos quatro valores forem iguais ou superiores aos indicados na tabela 2.

2.2.1 Argamassa de Revestimento

Segundo a NBR 13529 (ABNT, 1995), argamassa de revestimento é a mistura homogênea de aglomerantes, agregados miúdos e água, podendo conter aditivos ou adições, possuindo propriedades de endurecimento e aderência.

A NBR 13281 (ABNT, 2005) - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos, 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).

De acordo com Baía e Sabbattini (2000), a argamassa de revestimento é uma das partes integrantes das vedações de edifícios e construções, devendo necessariamente apresentar propriedades que irão contribuir para o adequado comportamento das vedações e da obra como um todo.

A NBR 7200 (ABNT, 1998) - Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento, preceitua que a cada aplicação de nova camada de argamassa exige, de acordo com a finalidade e com as condições do clima, a umidificação da camada anterior. A argamassa de revestimento não deve ser aplicada em

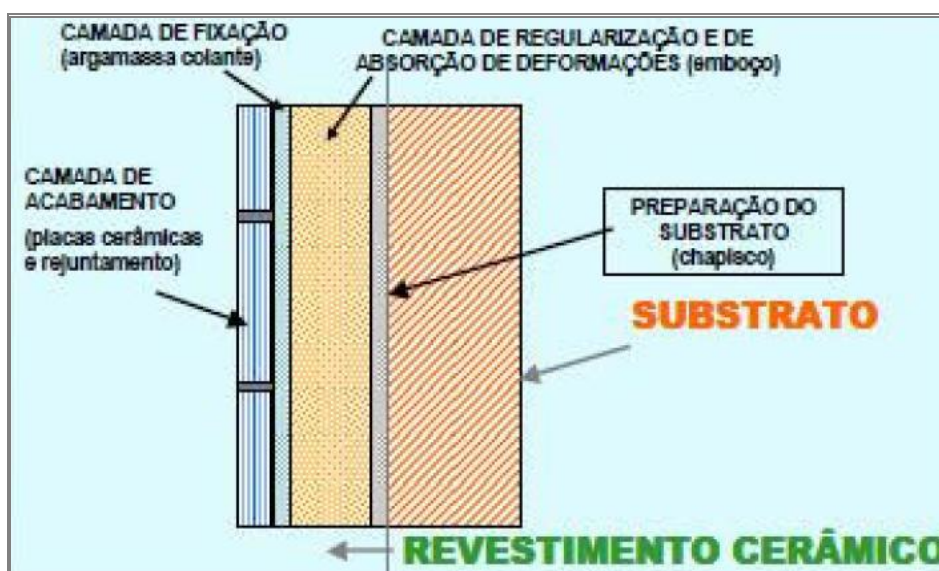
ambientes com temperatura inferior a 5 °C. Em temperatura superior a 30 °C devem ser tomados cuidados especiais para a cura do revestimento, mantendo-o úmido pelo menos nas 24 horas iniciais através da aspersão constante de água. Este procedimento deve ser adotado em situações de baixa umidade relativa do ar, ventos fortes e insolação forte e direta sobre os planos revestidos.

Wieczniewski (2006) destaca como funções gerais, além das já citadas, as seguintes: unir solidariamente elementos construtivos, resistindo aos esforços; distribuir os esforços e absorver deformações; selar juntas; e, por fim, proteger os elementos portantes dos edifícios contra a ação do intemperismo e agentes agressivos ambientais.

Cumprе salientar que não é função da argamassa de revestimento dissimular imperfeições grosseiras da base, muitas vezes desaprumada e desalinhada devido à falta de cuidado no momento da execução da estrutura (BAÍÁ & SABATTINI, 2000).

2.3 ESTRUTURA DOS REVESTIMENTOS

O revestimento de argamassa é constituído por diversas camadas com características e funções específicas, conforme exemplificado na Figura 1.



Fonte: Conceito de múltiplas camadas (PEZZATO, 2010 *apud* SABATTINI *et al*, 2003)

Figura 1 – Estrutura dos revestimentos de um sistema de revestimento cerâmico.

2.3.1 Base ou Substrato

A NBR 13529 (ABNT,1995) define no item 3.1.1.3:

“**Base ou substrato:** Parede ou teto constituídos por material inorgânico, não-metálico, sobre os quais o revestimento é aplicado.”

A NBR 13755 (ABNT,1996) - Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento, define:

“**3.3 base:** Substrato constituído por superfície plana de paredes, conforme 1.4, sobre o qual é aplicada a argamassa colante, para assentamento das placas cerâmicas.

1.4 Esta Norma se aplica a paredes constituídas pelos materiais relacionados a seguir e revestidas com chapisco, emboço e, eventualmente, camada intermediária de argamassa de regularização (ver figura 1):

- a) concreto moldado in loco;
- b) concreto pré-moldado;
- c) alvenaria de tijolos maciços;
- d) alvenaria de blocos cerâmicos;
- e) alvenaria de blocos vazados de concreto;
- f) alvenaria de blocos de concreto celular;
- g) alvenaria de blocos sílico-calcários.

A.2.3 substrato: Camada sobre a qual estão aplicadas a argamassa colante e a placa cerâmica. O substrato é constituído por uma argamassa aplicada sobre uma base.”

A NBR 7200 (ABNT, 1998) especifica que as bases de revestimentos devem atender às exigências de planeza, prumo e nivelamento fixadas nas respectivas normas de alvenaria e estrutura de concreto.

Os sistemas serão aplicados sobre uma base ou substrato formando um conjunto bem aderido e contínuo, necessário ao atendimento do desempenho global. Os substratos devem ser adequados ou preparados a receber o revestimento. Assim, caso os mesmos não tenham a adequabilidade necessária (ao atendimento dos quesitos que permitam uma execução satisfatória e o atendimento de um bom desempenho), deve se optar pelo uso de elementos que venham a compor uma solução satisfatória em âmbito geral. Um exemplo desta situação é a utilização do chapisco como preparação de base para aplicação da argamassa. (BAUER, 2005)

Bauer (2005) classifica os substratos de diferentes formas, sendo as mais comuns:

- a) Pela natureza dos materiais constituintes: alvenaria de blocos cerâmicos, blocos de concreto, blocos de concreto celular; elementos estruturais em concreto (pilares, vigas e lajes);
- b) Pela função: elementos de vedação, estruturais;

- c) Por suas características físicas: textura, porosidade, capacidade de sucção de água (absorção capilar), propriedades mecânicas.

Quanto aos aspectos superficiais do substrato, a porosidade é fundamental, por influenciar no transporte de água (sucção da água da argamassa), principalmente nos momentos iniciais após a aplicação. Este transporte influencia, sobretudo, nas propriedades de processo, afetando principalmente o tempo de sarrafeamento da argamassa aplicada. Dados de pesquisa mostram que para blocos de concreto tem-se que em até 30 minutos, absorve-se 50% do total possível de água (PAES, BAUER e CARASEK, 2003). Esta movimentação de água atua também sobre a aderência revestimento-substrato. Neste sentido, a sucção de água não pode nem ser muito baixa, como também não deve ser excessivamente alta.

Segundo Bauer (2005), a textura do substrato (rugosidade) é importante no desenvolvimento da aderência. As rugosidades são pontos de ancoragem da argamassa aplicada, auxiliando na aderência. Por sua vez, substratos rugosos possuem maior área de contato com a argamassa aplicada, melhorando potencialmente as condições de aderência. Substratos lisos, geralmente levam a valores de aderência menores, devendo-se sempre preparar as superfícies com o intuito de torná-las adequadamente rugosas.

A preparação de base para recebimento do revestimento engloba um conjunto de operações importantes, tanto do ponto de vista da execução do revestimento (permitindo que a argamassa ao ser lançada tenha adesão ao substrato), como também do enfoque sobre a aderência argamassa-substrato. Assim, têm-se: a remoção de resíduos, correção de irregularidades, remoção de incrustações metálicas e o preenchimento de furos, rasgos e depressões localizadas, lavagem e pré-umedecimento.

Com o intuito de melhorar e adaptar o substrato emprega-se rotineiramente o chapisco, o qual visa em sua essência fornecer ao substrato uma textura adequadamente rugosa e com porosidade adequada ao desenvolvimento da aderência. A textura rugosa atua também nos momentos iniciais após a aplicação, favorecendo o mecanismo de adesão inicial.

É preciso preencher os vazios provenientes de rasgos, quebra parcial de blocos, depressões localizadas e outros defeitos com argamassas de mesmo traço da que será utilizada no revestimento. (YAZIGI, 2006)

As diferentes características das bases de aplicação interferem, de forma significativa, nas propriedades do revestimento de argamassa, devendo ser consideradas desde o momento da definição da argamassa. A absorção de água, a porosidade e a rugosidade da base, por exemplo, vão influenciar a aderência da argamassa. A Tabela 3

resume as principais características das bases de aplicação do revestimento, que são variáveis para as diferentes bases. (MACIEL, BARROS e SABBATINI, 1998)

Tabela 3 – Características das bases de aplicação do revestimento

Bases	Características
Alvenaria (diferentes componentes) Estrutura (concreto)	- Absorção de água - Porosidade - Resistência mecânica - Movimentações higroscópicas - Rugosidade - Homogeneidade

Fonte: MACIEL, BARROS e SABBATINI, 1998

2.3.2 Chapisco

A NBR 13529 (ABNT,1995), no item 3.1.5.1 define chapisco como sendo a “camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.”

O chapisco é um procedimento de preparação de base e não se constitui de uma camada do revestimento. A espessura média do chapisco situa-se próxima a 5mm, dependendo das características granulométricas da areia empregada. Não se recomenda usar espessuras muito maiores que 5 mm, nem promover uma textura excessivamente rugosa.

O chapisco tem como finalidade proporcionar condições ásperas em superfícies muito lisas, criando condições de receber outro tipo de argamassa e, portanto, argamassa de suporte (AZEREDO, 1987).

É imprescindível mencionar a necessidade de cura do chapisco, obrigatoriamente em climas quentes e secos. A cura por aspersão de água deve se iniciar imediatamente assim que não houver lavagem do chapisco pela água de cura. Resultados muito bons são relatados pelo emprego de névoa sobre o chapisco. A duração da cura (ou seja, manter o chapisco molhado) deve ser no mínimo de 24 horas, recomendando-se estendê-la para 48 horas em condições de clima quente e seco. Anomalias relacionadas à cura, geralmente são: pulverulência, fissuração intensa e desagregação. (BAUER, 2005)

Segundo Yazigi (2006), o substrato deve ser abundantemente molhado antes de receber o chapisco, para que não ocorra absorção da água necessária à cura da argamassa do chapisco. Observa-se que o excesso de água (saturamento), pode ser prejudicial, uma vez que os poros saturados irão inibir o microagulhamento da pasta de aglomerante dentro

dos mesmos (mecanismo que configura a aderência sobre substratos porosos). Neste caso, o chapisco precisa ser feito com argamassa fluida de cimento e areia no traço 1:3 em volume, à qual é adicionado aditivo adesivo (aplicado sobre a alvenaria e estrutura). A argamassa tem de ser projetada energeticamente, de baixo para cima, contra a alvenaria a ser revestida. Para bases de concreto a argamassa de chapisco deve ser preferencialmente industrializada, pois apresenta melhor aderência do que a preparada na obra. Neste caso a mesma é aplicada com desempenadeira metálica dentada sobre a estrutura de concreto. A aplicação do chapisco se fará tanto nas superfícies verticais ou horizontais de concreto como também nas superfícies verticais da alvenaria para posterior revestimento (emboço ou massa única). Em locais com baixa temperatura, deve-se ter o cuidado na umidificação do substrato para aplicação do chapisco, pois pode ocasionar excesso de umidade e inviabilizar a aderência.

O chapisco deve ser sempre aplicado nas fachadas e nas superfícies de concreto, de acordo com as especificações do projeto. Ele serve para regularizar a absorção da base e melhorar a aderência. (MACIEL, BARROS e SABBATINI, 1998)

De acordo com Bauer (2005) existem diferentes tipos de chapisco, podendo-se enumerar os seguintes:

- a) Chapisco convencional – composto da aplicação de uma argamassa fluída de cimento e areia média-grossa (suficiente para dar a textura necessária) com traço em volume da ordem de 1:3 (cimento:areia). O procedimento de aplicação consiste em se lançar energeticamente o chapisco sobre a superfície com a colher de pedreiro.
- b) Chapisco modificado com polímeros – muito parecido ao chapisco convencional, diferenciando-se pelo emprego de adesivos poliméricos látex adicionados à água de mistura.
- c) Chapisco rolado – constitui-se da aplicação de uma argamassa cimento:areia de traço 1:3 (volume) em que se utiliza areia média-fina. Também são empregados na maioria das vezes adesivos poliméricos látex. A aplicação é feita com rolo de pintura (rolo para textura), não se devendo fazer movimentos de vai-vem (ocorre selagem dos poros se isso for feito). O substrato deve ter condições muito boas de planeza para uma correta aplicação. Algumas críticas devem ser lembradas quando se opta por este tipo de aplicação. Primeiramente, a argamassa de chapisco para esta aplicação é muito fluída, o que pode permitir que a areia decante no recipiente. Neste caso, a aplicação seria somente da nata de cimento e do adesivo, não dando condições de desempenho satisfatório.

- d) Portanto, deve-se ter grande cuidado em exigir sempre que o material esteja bem misturado a cada aplicação do rolo. Outro ponto importante diz respeito à aplicação, a qual deve incisivamente ser feita em um sentido e sem sobreposições (não fazer vai-vem como se faz na pintura). Caso seja necessária uma nova demão, a mesma deve ser aplicada após 24 horas da primeira. Deve-se também avaliar a condição do rolo uma vez que o mesmo pode facilmente ficar obstruído ou até “impermeabilizado” pelos adesivos látex utilizados.
- e) Chapisco industrializado – consiste em uma argamassa industrializada a qual se acrescenta água no momento da mistura, e aplica-se a mesma sobre o substrato com o uso de desempenadeira denteada somente sobre superfície de concreto (processo similar à argamassa colante para assentamento de cerâmica). O aspecto final obtido é o de filetes orientados, sendo que a textura da formação dos filetes é a rugosidade obtida. Algumas críticas a este processo advêm do uso de filetes com maior altura (acima de 5mm), em que o preenchimento desta rugosidade pela argamassa de revestimento não ocorre satisfatoriamente em toda a extensão. Certamente ajustes, tanto no processo executivo do revestimento (argamassa mais plástica, por exemplo), como também adequações do correto uso deste chapisco permitem soluções que podem ser aceitáveis.

Em suma, o uso de chapisco potencializa o desempenho do sistema de revestimento através do aumento da resistência de aderência à tração do produto ao substrato

2.3.3 Emboço

Segundo a NBR 13529 (ABNT,1995), o emboço trata-se da “camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final”.

Segundo Yazigi (2006), o emboço somente poderá ser aplicado após a pega completa do chapisco. A NBR 7200 (ABNT, 1998) explicita que quando se fizer uso de argamassas preparadas em obra, o chapisco deverá apresentar idade mínima de três dias antes da aplicação do emboço, sendo que para climas quentes e secos, com temperaturas acima de 30 °C, este prazo pode ser reduzido para dois dias.

Portanto, o emboço constitui-se de uma camada de argamassa aplicada (geralmente a mais espessa do sistema de revestimento) que consiste no corpo do revestimento, possuindo aderência ao substrato, e apresentando textura adequada à aplicação de outra camada subsequente (CÂNDIA, 1998). Assim é que o emboço normalmente emprega granulometria um pouco mais grossa do que as demais argamassas (camada única, reboco, por exemplo), e o acabamento é somente o sarrafeado (deve se deixar textura áspera para melhorar a aderência quando da aplicação dos outros materiais, como é o caso da argamassa colante no assentamento de peças cerâmicas, por exemplo).

A argamassa de regularização (emboço) tem como finalidade evitar a infiltração e penetração de águas, sem, porém, impedir a ação capilar que transporta a umidade de material da alvenaria à superfície exterior desta (AZEREDO, 1987).

Sabbatini e Barros (1990) recomendam a adoção da superfície desempenada do emboço base para revestimento cerâmico devido à melhor compatibilidade da aderência e ao menor consumo do material de assentamento.

A aplicação da argamassa de emboço é feita em duas demãos quando a espessura da camada varia entre 3 a 5 cm. É recomendado que a aplicação de argamassa seja feita de modo seqüencial, em trechos contínuos, delimitados por duas mestras (ou outro tipo de referências), e por projeção enérgica, com a colher de pedreiro, do material contra a base. Espessuras superiores a 5 cm trazem problemas não só de sobrecargas, como também de retração e provável fissuração.

Após a primeira demão, a superfície emboçada deve ser uniformizada através de uma operação de aplainamento que somente poder ser executada após atingir o “ponto de sarrafeamento”. Esta operação consiste em regularizar a superfície do emboço com uma régua de alumínio, apoiada nas mestras ou outras referências, realizando-se movimentos de modo a deixar uma superfície regular. (TEMOCHE-ESQUIVEL et al., 2005)

Após um tempo necessário para atingir o “ponto de desempenho” é iniciada a operação de desempenho. O operário identifica o “ponto de desempenho” comprimindo o polegar sobre a superfície da argamassa e verificando a sua consistência. Enquanto ela permanecer plástica, não poderá ser trabalhada para evitar o surgimento de fissuras e permitir um acabamento uniformemente plano.

O desempenamento é feito comprimindo-se com energia e em movimentos circulares a desempenadeira de madeira sobre a superfície sarrafeada, de modo a obter máxima compacidade da argamassa, visando com isto reduzir ao mínimo os vazios intergranulares. A compressão por alisamento em círculos em uma dada região deverá promover um fluxo de pasta para a superfície, a qual irá envolver os grãos superficiais, e permitirá obter-se uma adequada resistência mecânica na superfície desempenada. (*Ibid.*)

Em termos normativos, a NBR 13755 (ABNT,1996) recomenda que a superfície do emboço executada para recebimento de argamassa colante deve ser sarrafeada com acabamento áspero, enquanto que a norma britânica BS 5385 (BSI, 1991) recomenda acabamento desempenado grosso, executado com desempenadeira de madeira, quando as placas cerâmicas forem assentadas com argamassa adesiva ou adesivo.

No Brasil, essas argamassas aplicadas como revestimentos em paredes, com acabamento em pintura, correspondem a opção construtiva mais empregada na construção de edificações, tanto interna quanto externamente (nas fachadas). Outros tipos de revestimento muito utilizados no país são aqueles que têm como acabamento as placas cerâmicas ou pedras, mas que mesmo assim se utilizam de argamassas de emboço como base de aplicação.

2.3.4 Reboco

Segundo a NBR 13529 (ABNT,1995), o reboco trata-se da “camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final”.

Sua espessura é apenas o necessário para constituir uma superfície lisa, contínua e íntegra.

A argamassa de acabamento (reboco) atua como suporte para pintura, portanto, necessariamente deve ter superfície perfeitamente lisa e regular, pouca porosidade e pequena espessura, devido à presença excessiva do aglomerante cal que leva à fissuração por retração (AZEREDO, 1987).

A NBR 7200 (ABNT, 1998) prescreve que para cada aplicação de nova camada de argamassa exige, de acordo com a finalidade e com as condições do clima, a umidificação da camada anterior. A argamassa de revestimento não deve ser aplicada em ambientes com temperatura inferior a 5 °C. Em temperatura superior a 30 °C, devem ser tomados cuidados especiais para a cura do revestimento, mantendo-o úmido pelo menos nas 24 horas iniciais através da aspersão constante de água. Este procedimento deve ser adotado em situações de baixa umidade relativa do ar, ventos fortes e insolação forte e direta sobre os planos revestidos.

2.3.5 Acabamento Decorativo

Segundo a NBR 13529 (ABNT,1995), o acabamento decorativo trata-se do “revestimento decorativo aplicado sobre o revestimento de argamassa, como pintura, materiais cerâmicos, pedras naturais, placas laminadas, têxteis e papel”.

2.4 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

Para que os revestimentos de argamassa possam cumprir adequadamente as suas funções, eles precisam apresentar um conjunto de propriedades específicas, relativas às argamassas nos estados frescos e endurecidos. O entendimento dessas propriedades e dos fatores que influenciam a sua obtenção permite prever o comportamento do revestimento nas diferentes situações de uso.

2.4.1 Propriedades no estado fresco

2.4.1.1 Massa específica e teor de ar incorporado

Massa específica é a relação entre a massa da argamassa e o seu volume, podendo ser absoluta ou relativa. Na determinação da massa específica absoluta não são considerados os vazios existentes no volume da argamassa, em contrapartida, para determinação da massa relativa e/ou massa unitária, consideram-se os vazios conforme afirmam Maciel, Barros e Sabbatini (1998).

O teor de ar é a quantidade de ar existente em certo volume de argamassa. À medida que cresce o teor de ar, a massa específica relativa da argamassa diminui. Essas duas propriedades vão interferir em outras propriedades da argamassa no estado fresco, como a trabalhabilidade, que será tratada a seguir. Uma argamassa com menor massa específica e maior teor de ar, apresenta melhor trabalhabilidade. O teor de ar da argamassa pode ser aumentado através dos aditivos incorporadores de ar, entretanto, o uso desses aditivos deve ser muito criterioso, pois pode interferir negativamente nas demais propriedades da argamassa. Um aumento do teor de ar incorporado pode prejudicar a resistência mecânica e a aderência da argamassa, por exemplo.

2.4.1.2 Trabalhabilidade

É a combinação das características das argamassas relacionadas com a coesão, consistência, plasticidade, viscosidade, adesividade e massa específica. Segundo Carasek (2007), trabalhabilidade é a propriedade das argamassas no estado fresco que determina a facilidade com que elas podem ser misturadas, transportadas, aplicadas, consolidadas e acabadas em uma condição homogênea. Alguns aspectos interferem nessa propriedade como as características dos materiais constituintes da argamassa e o seu proporcionamento. A presença da cal e de aditivos incorporadores de ar, por exemplo, melhoram essa propriedade até um determinado limite.

2.4.1.3 Aderência inicial

É a capacidade que a argamassa apresenta para ancorar na superfície da base através da penetração da pasta nos poros, reentrâncias e saliências seguidos do endurecimento gradativo da pasta. A aderência inicial depende das outras propriedades da argamassa no estado fresco; das características da base de aplicação, como a porosidade, rugosidade, condições de limpeza; da superfície de contato efetivo entre a argamassa e a base. Para se obter uma adequada aderência inicial, a argamassa deve apresentar a trabalhabilidade e retenção de água adequadas à sucção da base e às condições de exposição. Deve, também, ser comprimida após a sua aplicação, para promover o maior contato com a base. Além disso, a base deve estar limpa, com rugosidade adequada e sem oleosidade. Caso essas condições não sejam atendidas, pode haver problema com a aderência, como a perda de aderência em função da entrada rápida da pasta nos poros da base, por exemplo. Isso acontece devido à sucção da base ser maior que a retenção de água da argamassa, causando a descontinuidade da camada de argamassa sobre a base.

2.4.1.4 Retenção de água

Segundo Maciel, Barros e Sabbatini (1998), retenção de água é a capacidade que a argamassa apresenta de reter a água de amassamento contra a sucção da base ou contra a evaporação. A retenção permite que as reações de endurecimento da argamassa se tornem mais gradativa, promovendo a adequada hidratação do cimento e consequente ganho de resistência. A rápida perda de água, compromete a aderência, a capacidade de

absorver deformações, a resistência mecânica e, com isso, a durabilidade e a estanqueidade do revestimento e da vedação ficam comprometidas. A determinação da retenção de água pode ser avaliada pelo método da norma NBR 13277 (ABNT, 2005) – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água.

2.4.1.5 Retração na secagem

A retração na secagem ocorre em função da evaporação da água de amassamento da argamassa e, também, pelas reações de hidratação e carbonatação dos aglomerantes. A retração pode acabar causando a formação de fissuras no revestimento. As fissuras podem ser prejudiciais ou não prejudiciais (microfissuras). As fissuras prejudiciais são aquelas que permitem a percolação da água pelo revestimento já no estado endurecido, comprometendo a sua estanqueidade à água. Os fatores que influenciam essa propriedade são: as características e o proporcionamento dos materiais constituintes da argamassa; a espessura e o intervalo de aplicação das camadas; o respeito ao tempo de sarrafeamento e desempenho.

2.4.2 Propriedades no estado endurecido

2.4.2.1 Aderência

É a propriedade do revestimento de manter-se fixo ao substrato, através da resistência às tensões normais e tangenciais que surgem na interface base-revestimento. É resultante da resistência de aderência à tração, da resistência de aderência ao cisalhamento e da extensão de aderência da argamassa. A aderência depende: das propriedades da argamassa no estado fresco; dos procedimentos de execução do revestimento; da natureza e características da base e da sua limpeza superficial.

Carasek (2007) informa que a aderência da argamassa endurecida ao substrato é um fenômeno essencialmente mecânico devido, basicamente, a penetração da pasta aglomerante ou da própria argamassa nos poros ou entre as rugosidades da base de aplicação. Outra parcela menos significativa que contribui para a aderência das argamassas aos substratos são as ligações secundárias do tipo Van der Waals. Quando a argamassa no estado plástico entra em contato com a superfície absorvente do substrato, parte da água de

amassamento, que contém em dissolução ou estado coloidal os componentes do aglomerante, penetra pelos poros e pelas cavidades do substrato. No interior dos poros ocorrem fenômenos de precipitação dos produtos de hidratação do cimento e da cal, e transcorrido algum tempo, esses precipitados intracapilares exercem ação de ancoragem da argamassa à base.

A resistência de aderência à tração do revestimento pode ser medida através do ensaio de arrancamento por tração, de acordo com a norma NBR 13749 (ABNT,1996).

2.4.2.2 Capacidade de absorção de deformações

De acordo com Maciel, Barros e Sabbatini (1998) é a propriedade que o revestimento apresenta quando exposto a pequenas tensões, devendo suportar as mesmas sem apresentar rupturas ou deformações que comprometam sua estrutura, aderência, estanqueidade e durabilidade. Segundo Carasek (2007) as deformações podem ser de grande ou de pequena amplitude. O revestimento só tem a responsabilidade de absorver as deformações de pequena amplitude que ocorrem em função da ação da umidade ou da temperatura e não as de grande amplitude, provenientes de outros fatores, como recalques estruturais, por exemplo.

A capacidade de absorver deformações depende:

- a) do módulo de deformação da argamassa: quanto menor for o módulo de deformação (menor teor de cimento), maior a capacidade de absorver deformações;
- b) da espessura das camadas: espessuras maiores contribuem para melhorar essa propriedade; entretanto, deve-se tomar cuidado para não se ter espessuras excessivas que poderão comprometer a aderência;
- c) das juntas de trabalho do revestimento: as juntas delimitam panos com dimensões menores, compatíveis com as deformações, contribuindo para a obtenção de um revestimento sem fissuras prejudiciais;
- d) da técnica de execução: a compressão após a aplicação da argamassa e, também, a compressão durante o acabamento superficial, iniciado no momento correto, vão contribuir para o não aparecimento de fissuras.

2.4.2.3 Retração

A retração ocorre devido à perda rápida e acentuada da água de amassamento e pelas reações na hidratação dos aglomerantes, fatos que provocam as fissuras nos revestimentos. As argamassas ricas em cimento apresentam maiores disponibilidades para o aparecimento de fissuras durante a secagem. Segundo Fiorito (2003), o endurecimento da argamassa é acompanhado por uma diminuição do volume em função da perda de água evaporável ocasionada pelas relações de hidratação. Mesmo após a secagem nota-se variações dimensionais em função do grau higrométrico do ambiente, tal fenômeno é conhecido como “retração”. Carasek (2007) afirma que a retração é resultado de um mecanismo complexo, associado com a variação de volume da pasta aglomerante e apresenta papel fundamental no desempenho das argamassas aplicadas, especialmente quanto à estanqueidade e à durabilidade.

2.4.2.4 Resistência mecânica

A resistência mecânica diz respeito à propriedade dos revestimentos de possuírem um estado de consolidação interna capaz de suportar esforços mecânicos de diferentes naturezas que se traduzem, em geral, por tensões simultâneas de tração, compressão e cisalhamento. Depende do consumo e natureza dos agregados e aglomerantes e da técnica de execução que busca a compactação da argamassa durante a sua aplicação e acabamento. A resistência mecânica aumenta com a redução da proporção de agregado na argamassa e varia inversamente com a relação água/cimento da argamassa.

2.4.2.5 Durabilidade

É uma propriedade do período de uso do revestimento, resultante das propriedades do revestimento no estado endurecido e que reflete o desempenho do revestimento frente as ações do meio externo ao longo do tempo. Alguns fatores prejudicam a durabilidade do revestimento, tais como: a fissuração do revestimento; a espessura excessiva; a cultura e proliferação de microorganismos; a qualidade das argamassas; a falta de manutenção.

2.4.2.6 Permeabilidade

A permeabilidade está relacionada à passagem de água pela camada de revestimento, constituída de argamassa, que é um material poroso e permite a percolação da água tanto no estado líquido como de vapor. É uma propriedade bastante relacionada ao conjunto base-revestimento. O revestimento deve ser estanque à água, impedindo a sua percolação. Mas, é recomendável que o revestimento seja permeável ao vapor para favorecer a secagem de umidade de infiltração (como a água da chuva, por exemplo) ou decorrente da ação direta do vapor de água, principalmente nos banheiros. Quando existem fissuras no revestimento, o caminho para percolação da água é direto até a base e, com isso, a estanqueidade da vedação fica comprometida. Essa propriedade depende: da natureza da base; da composição e dosagem da argamassa; da técnica de execução; da espessura da camada de revestimento e do acabamento final.

2.5 MATERIAIS CONSTITUINTES

Os materiais constituintes estudados das argamassas de revestimento, bem como suas funções, justifica-se por inúmeros fatores, dentre os quais se destaca a falta de regras claras para especificação dos materiais, que, na maioria das vezes, são definidos a partir de critérios empíricos baseados em experiências isoladas de profissionais da construção civil. A incidência cada vez mais presente de inúmeros casos de manifestações patológicas que comprometem tais sistemas se deve a falta de critérios.

Outro fato que merece certa parcela de atenção é o surgimento no mercado de uma gama considerável de materiais (como novas alternativas) para a produção de argamassas. Como exemplos cabem destacar, desde cales (hidratadas, aditivadas e pré-misturadas com cimento), aditivos para produção das argamassas industrializadas ou para a produção em canteiro de obra (incorporadores de ar, retentores de água, aditivos poliméricos), fibras sintéticas e até novas concepções de agregados com dimensões e granulometrias específicas para cada aplicação. Neste contexto, é cada vez mais notório que a simples experiência não é suficiente, sendo necessária uma avaliação mais precisa sobre a parcela de contribuição de cada material na composição das argamassas.(BAUER,2005)

2.5.1 Aglomerantes

Aglomerante é um material ativo, ligante, em geral pulverulento, cuja principal função é formar uma pasta que promove a união entre os grãos do agregado. São utilizados na obtenção das argamassas e concretos, na forma da própria pasta e também na confecção de natas. (ARAUJO *et al.*, 2010)

Os aglomerantes podem ser classificados, quanto ao seu princípio ativo, em:

- a) aéreos: são os aglomerantes que endurecem pela ação química do CO₂ no ar, como por exemplo a cal aérea;
- b) hidráulicos: são os aglomerantes que endurecem pela ação exclusiva da água, como por exemplo a cal hidráulica, o cimento Portland, etc. Este fenômeno recebe o nome de hidratação;
- c) poliméricos: são os aglomerantes que tem reação devido a polimerização de uma matriz.

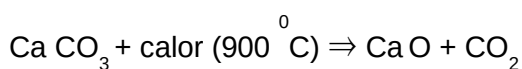
2.5.1.1 Cal

É o produto obtido pela calcinação de rochas calcárias a temperaturas elevadas. Existem três tipos de cales: cal aérea (cal virgem e cal hidratada) e a cal hidráulica.

De acordo com a Associação Brasileira de Produtores de Cal – ABPC (2010), a cal virgem é resultante da calcinação de rochas calcárias (CaCO₃) numa temperatura inferior a de fusão do material (850° a 900°)

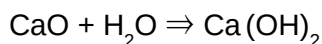
Além das rochas calcárias, a cal também é obtida de resíduos de ossos e conchas de animais.

O fenômeno ocorrido na calcinação do calcário é o seguinte:



Calcário + calor $\Rightarrow$ cal virgem + gás carbônico

O produto que se obtém com a calcinação do carbonato de cálcio recebe o nome de cal virgem, ou cal viva (CaO), que ainda não é o aglomerante usado em construção. O óxido deve ser hidratado para virar hidróxido de cálcio Ca(OH)₂ denominado de cal extinta ou cal queimada.

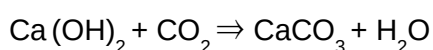


Cal virgem + água $\Rightarrow$ Cal extinta + calor

O processo de hidratação da cal virgem é executado no canteiro de obras. As pedras são colocadas em tanques onde ocorre a sua extinção ao se misturarem com a água. O fenômeno de transformação de cal virgem em cal extinta é exotérmico, isto é, se dá com grande desprendimento de calor (250 cal/g, podendo em alguns casos a temperatura atingir 400 °C), o que torna o processo altamente perigoso.

Após a hidratação das pedras, o material deverá descansar por 48 horas no mínimo, antes de ser utilizado na obra.

As argamassas de cal, inicialmente, têm consistência plástica, mas endurecem por recombinação do hidróxido de cálcio com o gás carbônico, presente na atmosfera (daí o nome cal aérea), voltando ao seu estado inicial de carbonato de cálcio.



Cal extinta + gás carbônico $\Rightarrow$ Carbonato de cálcio + água

A cal viva ou cal virgem é distribuída no comércio em forma de pedras, como saem do forno ou mesmo moídas e ensacadas.

De acordo com a Associação Brasileira de Produtores de Cal – ABPC (2010), a cal hidratada é um produto manufaturado que sofreu em usina o processo de hidratação. É apresentada como um produto seco, na forma de um pó branco de elevada finura. A cal é encontrada no mercado em sacos de 20 kg.

A cal hidratada oferece sobre a cal virgem algumas vantagens, entre elas:

- a) maior facilidade de manuseio, por ser um produto pronto, eliminando do canteiro de obras a operação de extinção;
- b) maior facilidade de transporte e armazenamento.

A cal hidráulica, de acordo com a Associação Brasileira de Produtores de Cal – ABPC (2010), é um aglomerante hidráulico, ou seja, endurece pela ação da água, e foi muito utilizado nas construções mais antigas, sendo posteriormente, substituído pelo cimento Portland.

2.5.1.2 Cimento Portland

Cimento Portland é a denominação técnica do material usualmente conhecido na construção civil como cimento. O cimento Portland foi criado e patenteado em 1824, por um construtor inglês, chamado Joseph Aspdin. Naquela época, era moda na Inglaterra construir com uma pedra, de cor acinzentada, originária da ilha de Portland, situada ao sul do país.

Como o resultado da invenção de Aspdin se assemelhava, na cor e na dureza, à pedra de Portland, foi patenteada com o nome de cimento Portland. (KIHARA e CENTURIONE, 2005)

O cimento é um pó fino com propriedades aglutinantes, que endurece sob ação da água, sendo, portanto, um aglomerante hidráulico. Depois de endurecido, mesmo sob ação da água, não se decompõe mais. (Ibid)

O cimento é hoje, sem dúvida, o mais importante dos aglomerantes, sendo de fundamental importância conhecer bem suas propriedades, para poder aproveitá-las da melhor forma possível.

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (2010), o cimento é composto de clínquer, com adições de substâncias que contribuem para suas propriedades ou facilitam o seu emprego. Na realidade, são as adições que definem os diferentes tipos de cimento.

O clínquer tem como matérias-primas o calcário e a argila. A rocha calcária é primeiramente britada, depois moída e em seguida misturada, em proporções adequadas, com argila, também moída. Essa mistura atravessa então, um forno giratório, cuja temperatura interna chega a alcançar 1450 °C, atingindo uma fusão incipiente. Esse calor é que transforma a mistura, no clínquer, que se apresenta primeiramente na forma de pelotas. Na saída do forno, o clínquer ainda incandescente é bruscamente resfriado, e finamente moído, transformando-se em pó. Na Figura 2 é apresentado o esquema de fabricação do cimento Portland.

No clínquer em pó está a essência do cimento, pois é ele quem tem a característica de desenvolver uma reação química, na presença da água, cujas consequências físicas, são, primeiramente, tornar-se pastoso, portanto moldável e, em seguida endurecer, adquirindo elevada resistência e durabilidade.

Detalhando um pouco, pode-se dizer que a mistura moída de calcário e argila ao atingir a fusão incipiente ($\pm 30\%$ de fase líquida), apresenta reações entre o carbonato de cálcio (CaCO_3), presente no calcário e os diversos óxidos (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , etc.) presentes na argila, formando silicatos e aluminatos, que apresentam reações de hidratação, podendo, então, o material resultante apresentar resistência mecânica.

Os principais silicatos formados na calcinação do calcário e da argila, são:

- a) silicato dicálcico $2\text{CaO}.\text{SiO}_2$ (C_2S)
- b) silicato tricálcico $3\text{CaO}.\text{SiO}_2$ (C_3S)
- c) aluminato tricálcico $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$ (C_3A)
- d) ferro aluminato tetracálcico $4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$ (C_4AF)

As adições são as outras matérias-primas, que misturadas ao clínquer na fase de moagem, fazem com que se obtenham os diversos tipos de cimento Portland disponíveis no mercado. As principais matérias-primas adicionadas ao clínquer são: o gesso, as escórias de alto-forno, os materiais pozolânicos e os materiais carbonáticos.

A contribuição de cada uma destas adições, às propriedades finais do cimento pode ser resumida da seguinte forma:

- a) gesso: tem como função básica regular o tempo de pega do cimento;
- b) escória de alto-forno: é o subproduto obtido durante a produção de ferro-gusa nas indústrias siderúrgicas, resultante do processo de fusão do minério de ferro, com cal e carvão. A escória se separa do ferro gusa por diferença de densidade. Quimicamente, é composta de uma série de silicatos que ao serem adicionados ao clínquer do cimento, são capazes de sofrer reações de hidratação e posterior endurecimento. A adição de escória contribui para a melhoria de algumas propriedades do cimento, como, por exemplo, a durabilidade e a resistência à agentes químicos;
- c) materiais pozolânicos: são rochas vulcânicas ou matérias orgânicas fossilizadas encontradas na natureza, certos tipos de argilas queimadas em elevadas temperaturas e derivados da queima de carvão mineral nas usinas termelétricas, entre outros. Esses materiais, também apresentam propriedades ligantes, se bem que de forma potencial (para que passem a desenvolver a propriedade de ligante não basta a água, é necessária a presença de mais um outro material, por exemplo o clínquer). O cimento com adição desse material apresenta a vantagem de conferir maior impermeabilidade às misturas com ele produzidas;
- d) materiais carbonáticos: são minerais moídos e calcinados. Contribui para tornar a mistura mais trabalhável, servindo como um lubrificante entre as partículas dos demais componentes do cimento.

2.5.2 Agregados

Segundo a NBR 9935 (ABNT, 2005) – Agregados: terminologia, agregado é definido como material sem forma ou volume definido, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para produção de argamassas e concreto. Desempenhando uma função econômica da máxima importância – pois geralmente é o elemento de custo mais baixo por unidade, de volume no concreto e no concreto betuminoso, o agregado atua de

forma decisiva no incremento de certas propriedades, tais como: a redução da retração (bastante grande na pasta de cimento), aumento da resistência ao desgastes, além de outras.

Podem-se classificar os agregados quanto à origem, às dimensões e à massa unitária.

De acordo com Sbrighi (2005) quanto à origem, eles podem ser:

- a) Naturais - são aqueles que já são encontrados na natureza sob a forma de agregados : areia de mina, areia de rios, seixos rolados, pedregulhos etc.
- b) Artificiais - são aqueles que necessitam ser trabalhados para chegarem à condição necessária e apropriada para seu uso: areia artificial, brita etc.

O termo artificial, aqui usado, é quanto ao modo de obtenção, e não com relação ao material em si. Há autores que classificam como artificiais aqueles agregados que são obtidos por processos especiais de fabricação, tais como: escória de alto-forno, argila expandida etc.

Quanto às dimensões, os agregados são classificados em miúdos e graúdos. Recebem, entretanto, denominações especiais que caracterizam certo grupo, como: filler, areia, pedrisco, seixo rolado e brita.

Areia é o material granular miúdo originado através de processos naturais ou artificiais de desintegração de rochas naturais ou proveniente de outros processos industriais. É chamada de areia natural se resultante da ação de agentes da natureza e de areia artificial quando proveniente de britagem ou outros processos industriais.

Pedrisco, também chamado areia artificial, é a mistura, nas mais variadas proporções de brita de graduação 0 (zero) com areia artificial. (SBRIGHI, 2005)

2.5.3 Adições

São materiais em pó empregados na elaboração das argamassas a fim de alterar determinadas propriedades do material no estado fresco e/ou endurecido, tornando-o mais manuseável ou incrementando suas características em relação à resistência físico-química.

Segundo a NBR 13529 (ABNT, 1995), adições são materiais inorgânicos naturais ou industriais finamente divididos, adicionados às argamassas para modificar as suas propriedades e cuja quantidade é levada em consideração no proporcionamento.

Segundo Carvalho Júnior (2005), adições são materiais finamente divididos, capacidade de conferir algumas propriedades à argamassa. Na maioria das vezes,

não possuem poder aglomerante, atuando como agregados, e, de modo geral, possuem poder aglutinante (promovem a liga). As adições mais comuns presentes nas argamassas são as pozolanas (materiais provenientes de rochas vulcânicas, resíduos de termoeletricas e outros que apresentem atividade pozolânica), o pó calcário, também conhecido como filler (material finamente dividido constituído essencialmente de calcário ou dolomitos) e os pigmentos que apenas conferem à argamassa coloração, não interferem em resistência mecânica e se diferenciam entre si pelos tipos: orgânicos e inorgânicos.

2.5.4 Aditivos

São produtos químicos que se adicionam ao traço das argamassas com a finalidade de melhorar suas características relativas à plasticidade, tempo de utilização, resistência mecânica, impermeabilidade, aparência e durabilidade. Bauer (2000) faz uma severa recomendação quanto à qualificação do pessoal que diretamente emprega o aditivo, não somente na obra, mas nos próprios fabricantes que ficariam resguardados das consequências do mau emprego de seus produtos.

Os principais aditivos empregados nas argamassas são:

- a) incorporadores de ar que melhoram a plasticidade e a adesão inicial e aumentam a retenção de água. Entretanto, reduzem as resistências à compressão, flexão e aderência;
- b) plastificantes que melhoram a trabalhabilidade das argamassas. Segundo Silva (1991), ocorre redução na quantidade de água e conseqüente aumento da resistência com menor consumo de cimento e diminuição da retração;
- c) retentores de água diminuem a absorção de água pelo substrato, evaporação e exsudação de água da argamassa fresca;
- d) retardadores de pega retardam o início da hidratação do cimento;
- e) adesivos proporcionam aderência química com o substrato;
- f) hidrofugantes reduzem a absorção de água da argamassa, sem impedir a troca de gases com o meio;
- g) impermeabilizantes reduzem a permeabilidade, porém não garantem a impermeabilização total devido suas falhas quando ocorrem novas fissuras no revestimento. Silva (1991) ressalta que podem agir de dois modos: por obturação dos poros ou por ação repulsiva sobre a água.

2.5.5 Água de amassamento

A água destinada ao amassamento da argamassa deve ser armazenada em caixas estanques e protegidas a fim de evitar a contaminação por substâncias estranhas. Em caso de dúvida sobre a qualidade da água, ou quando for constatada qualquer contaminação, amostras devem ser coletadas para análise.

A princípio considera-se que toda água potável é apropriada para uso em argamassa. Silva (1991) denomina água de amassamento como a água usada na confecção da argamassa. Ressalta que deve ser livre de impurezas que afetem sua reação com o cimento.

A NBR 11560 (ABNT, 1990) – Água destinada ao amassamento do concreto – Qualidade e controle, especifica como regra geral que as águas potáveis são consideradas satisfatórias desde que apresentem as seguintes características:

- a) pH entre 6,0 e 8,0;
- b) Matéria orgânica (em oxigênio consumido) = 5 mg/l;
- c) Resíduos sólidos = 4000 mg/l;
- d) Sulfatos (em íons SO_4^{2-}) = 300 mg/l;
- e) Cloretos (em íons Cl^-) = 250 mg/l;
- f) Açúcar = ausente.

2.6 TIPOS DE PREPARO E FORNECIMENTO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

De acordo com Maciel, Barros e Sabbatini (1998) a produção de argamassa significa a mistura ordenada dos seus materiais constituintes, nas proporções estabelecidas e por um determinado período de tempo, utilizando equipamentos específicos para este fim. Quanto à maneira de produção a argamassa pode ser preparada em obra, industrializada fornecida em sacos ou silos. Cada um desses tipos de argamassa interfere nas atividades de produção e no seu seqüenciamento, na escolha das ferramentas e equipamentos necessários para produção, bem como na adequação do próprio canteiro de obras.

2.6.1 Argamassa dosada na obra

As quantidades dos materiais constituintes são medidas e transportados até ao equipamento de mistura. Os equipamentos necessários são a betoneira ou argamassadeira, carrinhos-de-mão ou padiolas, pás e peneiras.

2.6.2 Argamassa industrializada fornecida em sacos

O material em pó é adicionado na quantidade específica no equipamento de mistura, seguida da adição de água. Os equipamentos necessários são a argamassadeira e os recipientes para a adição da água.

Segundo Alves (2006), os ingredientes dessas argamassas podem ser um ou mais aglomerantes, material inerte e ainda outros aditivos para permitir maior ancoragem mecânica e química.

2.6.3 Argamassa fornecida em silos

A medição é mecanizada, onde o equipamento de mistura pode ser acoplado no próprio silo ou outro equipamento localizado nos pavimentos do edifício onde se efetua a mistura. Os equipamentos são os específicos para este sistema.

2.6.4 Argamassa dosada na central

Nas argamassas dosadas em central são realizados todos os controles de qualidades dos materiais onde são medidos em massa ou em volume, misturados e transportados em caminhão betoneira. Os equipamentos necessários são o laboratório, a pá carregadeira, a central dosadora e o caminhão betoneira.

2.7 TIPOS DE ADERÊNCIA DA ARGAMASSA AO SUBSTRATO

A NBR 13528 (ABNT, 2010) - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração, define aderência como

propriedade do revestimento de resistir a tensões normais ou tangenciais atuantes na interface dos substratos.

2.7.1 Aderência mecânica

É a penetração da pastas da argamassa nos poros ou entre a rugosidade da base de aplicação caracterizada pela endentação ou engaste entre as partículas do substrato e da argamassa.

Carasek (2007) descreve que quando a argamassa no estado plástico entra em contato com a superfície absorvente do substrato, parte da água de amassamento, que contém em dissolução ou estado coloidal os componentes do aglomerante, penetra pelos poros e cavidade do substrato. No interior dos poros ocorrem fenômenos de precipitação dos produtos de hidratação do cimento e da cal, e após algum tempo, esses precipitados intra capilares exercem ação de ancoragem da argamassa a base. Em seus estudos micro-estruturais empregando microscópio eletrônico de varredura, confirmou que a aderência decorre do intertravamento principalmente da etringita (um dos produtos de hidratação do cimento) no interior dos poros do substrato. Tendo em vista o mecanismo de ligação, pode-se concluir que quanto melhor for o contato entre a argamassa e o substrato, maior será a aderência obtida. Dessa forma, a aderência está diretamente relacionada com a trabalhabilidade (ou reologia) da argamassa, com a energia de impacto no processo de execução, das características e propriedades dos substratos e de fatores externos.

2.7.2 Aderência química

A aderência química é proporcionada com a introdução de aditivos adesivos que possuem a capacidade de melhorar a aderência das argamassas. Os aditivos adesivos podem ser à base de PVA, polímeros e resinas. A introdução destes produtos se apresenta como uma opção para revestimento em bases com condições de porosidade, rugosidade e absorção de água incompatível com o desenvolvimento do sistema de aderência mecânico, como as estruturas metálicas.

2.8 ARGAMASSA COLANTE

A argamassa colante industrializada é definida, pela NBR 14081 (ABNT, 2004) – Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Especificação, como “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 revestimento”. Sua função é a fixação da placa cerâmica ao emboço, devendo resistir às tensões de tração e cisalhamento entre as camadas da interface do sistema de revestimento cerâmico: emboço / camada de fixação, camada de fixação / placa cerâmica.

Segundo Sabbatini e Barros (1990), a argamassa colante industrializada é, atualmente, o material mais utilizado na fixação dos componentes cerâmicos no Brasil. As principais vantagens da utilização de argamassa colante industrializada, ao invés do método tradicional, são:

- a) melhor resistência de aderência que as argamassas convencionais;
- b) sua retração não provoca tensões prejudiciais na camada final de revestimento (se empregada em pequena espessura);
- c) permite a utilização de uma técnica de grande produtividade, mais simples e limpa;
- d) custo global dos serviços geralmente inferior ao custo dos serviços que empregam métodos tradicionais.

A NBR 14081 (ABNT, 2004), classifica as argamassas colantes conforme descrito abaixo:

- a) ACI: argamassa colante industrializada com características de resistência às solicitações mecânicas e termoigrométricas típicas de revestimentos internos, com exceção daqueles aplicados em saunas, churrasqueiras, estufas e outros revestimentos especiais.
- b) ACII: 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 termoigrométrica e a ação do vento.
- c) ACIII: Argamassa colante industrializada que apresenta aderência superior em relação às argamassas dos tipos I e II.
- d) Tipo E: Argamassa colante industrializada dos tipos I, II e III, com tempo em aberto estendido.

No Brasil, a argamassa colante mais utilizada é a que possui baixos teores de resina (teores inferiores a 2% em relação à massa), que tem uma aderência média e não são indicadas para uso em fachadas por possuírem pouco tempo em aberto em condições ambientais agressivas. Recentemente, iniciou-se a comercialização das argamassas colantes com maiores teores de resinas, que possuem maior aderência e são mais adequadas para uso em áreas externas. As principais funções das resinas orgânicas na argamassa colante são: reter água, melhorar a plasticidade da argamassa e aumentar a extensão da aderência devido à maior capacidade de molhamento da superfície do substrato. (SABBATINI & BARROS, 1990)

A Tabela 4 apresenta os principais ensaios realizados em argamassas colantes industrializadas e os requisitos exigidos pela NBR 14081 (ABNT, 2004).

Tabela 4 – Requisitos das argamassas colantes industrializadas.

PROPRIEDADE	MÉTODO DE ENSAIO	UNIDADE	TIPO			
			I	II	III	E
Tempo em Aberto	NBR 14083	min	15	20	20	Argamassa do tipo I, II e III, com tempo em aberto estendido em no mínimo 10 min. Do especificado nesta tabela
Resistência de aderência à tração aos 28 dias em: - cura normal - cura submersa - cura em estufa	NBR 14084	MPa	0,5	0,5	1,0	
		MPa	0,5	0,5	1,0	
		MPa	-	0,5	1,0	
Deslizamento ¹	NBR 14085	mm	0,7	0,7	0,7	

Fonte: ABNT – NBR 14081 (2004)

O ensaio de tempo em aberto é usado para mensurar o período máximo em que depois de estendidos os cordões de argamassa colante, as placas ainda podem ser assentadas dentro da resistência de arrancamento estabelecida pela norma, ou seja, o intervalo máximo em que a argamassa colante, após ser misturada com água, pode ficar exposta ao ar sem perder suas propriedades. Depois deste tempo ocorre sobre a argamassa a formação de uma película esbranquiçada que impede a aderência. O tempo

¹ O ensaio de deslizamento não é necessário para argamassa utilizada em aplicações com revestimento horizontal

em aberto de cada argamassa será determinado pela quantidade de água misturada e pelo tipo e quantidade de retentor que a compõe.

O ensaio de resistência de aderência à tração, ou arrancamento, mede a aderência da argamassa colante à cerâmica, verificando se esta é suficiente para suportar as tensões existentes nas várias camadas do sistema, como variações de temperatura, pressão de sucção do vento e mudanças higroscópicas do ambiente.

O ensaio de deslizamento mede o deslocamento vertical sofrido pela placa cerâmica, sob ação de seu peso próprio, aplicada sobre argamassa colante ainda fresca. O deslizamento está diretamente relacionado com o tempo em aberto e com as juntas de assentamento, pois quanto maior for a quantidade de água misturada aumentando o tempo em aberto e maior o tamanho das juntas de assentamento, maior será a possibilidade de deslizamento da placa.

2.9 PLACA CERÂMICA

Segundo adaptação da nomenclatura internacional feita por Medeiros (1999), as placas cerâmicas são componentes cujas duas dimensões (largura e altura) predominam sobre uma terceira (espessura), produzidas a partir de argilas e/ou outras matérias-primas inorgânicas, conformadas através de extrusão ou prensagem e sintetizadas por meio de processo térmico, utilizadas como componente principal da camada mais externa de revestimentos cerâmicos de pisos e paredes.

A seguir serão abordadas as principais características a serem observadas para especificação de placas cerâmicas em fachadas, de acordo com as normas NBR 13817 (ABNT, 1997) – Placas cerâmicas para revestimento – Classificação, NBR 13818 (ABNT, 1997) – Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaio e a experiência dos projetistas.

2.9.1 Métodos de fabricação

O processo de fabricação das placas cerâmicas começa com a moagem, ou seja, com a preparação da matéria-prima que pode ser feita através de dois métodos: úmido e seco.

No processo de fabricação por via úmida, para conseguir a granulometria e a plasticidade necessárias, acrescenta-se aproximadamente 35% de água à matéria- prima e

a massa formada é misturada em moinhos com seixos que giram continuamente. Após a moagem, as partículas são atomizadas, pulverizadas e se necessário, ainda são secas num equipamento, o “spray dryer”, para obtenção de até 7% de umidade.

O processo de fabricação por via seca é conhecido como moagem a seco, que é feita em moinhos de martelo, peneirando a mistura para obtenção da granulometria desejada. As vantagens do processo via seca em relação ao processo via úmida são conhecidas pelo menor custo energético, principalmente pela redução de 80% de energia elétrica, menor custo com manutenção, não utiliza defloculantes e aditivos, reduzindo ainda mais o custo e causa menor impacto ambiental (LOLLI, NASSETTI e MARINO, 2000).

Após a moagem, ocorre o processo de conformação da peça cerâmica, que está relacionado com a forma da peça e as propriedades da matéria-prima (grau de umidade e plasticidade). A conformação é o que difere os métodos de fabricação, conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Classificação quanto aos métodos de fabricação

MÉTODO DE FABRICAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
Extrudada	A
Prensada	B
Outros processos	C

Fonte: ABNT – NBR 13817 (1997)

Na extrusão, a umidade da massa cerâmica varia de 18 a 30%. A massa passa por um orifício de metal, denominado maromba, para que adquira forma. Posteriormente, é cortada nas dimensões pré-estabelecidas, é levada para secagem e, finalmente, para a linha esmaltadeira.

Na prensagem, a umidade é aproximadamente 7%. Na monoqueima é comum a utilização da prensa hidráulica; na biqueima, utiliza-se a prensa de fricção ou a hidráulica.

O tratamento térmico é responsável pela qualidade do desenvolvimento das propriedades finais da placa cerâmica, e compreende as duas etapas finais do processo: a secagem e a queima.

A secagem ocorre depois do processo de conformação, quando as peças ainda apresentam uma quantidade indesejada de água devido à preparação e mistura da massa. Essa água precisa ser eliminada gradualmente a fim de evitar tensões e defeitos posteriores. Utilizam-se secadores movidos a gás descontínuos permanentes e as temperaturas variam de 50°C a 150°C.

Na queima, também denominada sinterização, as peças adquirem suas propriedades finais. É necessária uma curva de queima que irá determinar a temperatura certa para cada etapa. A temperatura eleva-se, proporcionando as características de dureza e resistência do produto na medida em que ocorrem as reações químicas. Esse tratamento térmico ocorre depois da secagem das peças que são colocadas em fornos permanentes ou descontínuos e são expostas a temperaturas que variam de 800°C a 1700°C, trabalhando em três fases. Primeiramente, a temperatura ambiente é aquecida até alcançar a temperatura estipulada; logo após, mantém-se durante um tempo pré-estabelecido, à temperatura estipulada e, então, ocorre o resfriamento que chega a temperaturas inferiores a 200°C.

O tempo do ciclo de queima pode variar de alguns minutos a três dias, dependendo da composição da massa cerâmica. Durante o tratamento térmico, ocorrem várias transformações como perda de massa, desenvolvimento de novas fases cristalinas, formação de fase vítrea e soldagem dos grãos que dependem das características das diferentes matérias-primas. Obtem-se produtos de diferentes qualidade e aplicabilidade os quais estão vinculados aos componentes da massa cerâmica.

A queima pode ser de três tipos: biqueima, monoqueima e terceira queima. Na biqueima, a peça passa duas vezes pelo forno e é mais comum a utilização do forno túnel. Na primeira queima, a temperatura máxima chega a 1100°C e ocorrem as reações físico-químicas que proporcionam resistência e estabilidade ao biscoito. Depois da esmaltação, a peça retorna ao forno a uma temperatura de aproximadamente 980°C para a vitrificação do esmalte. Na monoqueima é utilizado o forno a rolos que reduz o custo com combustíveis diminuindo, portanto, o custo do produto final. Dentre os três métodos de queima, este é o mais econômico. A terceira queima é utilizada em peças com produção artesanal. Na maioria das vezes, a placa chega da fabricação em série, é decorada em um ateliê e, para fixação da decoração, passa por uma nova queima. Esse processo gera um aumento significativo no custo do produto final.

2.9.2 Acabamento

Quanto ao acabamento, os revestimentos cerâmicos podem ser esmaltados ou não esmaltados, conforme Tabela 6. Os não esmaltados saem da conformação diretamente para secagem e são imediatamente conduzidos para a queima. Os revestimentos esmaltados saem da conformação e passam pelo processo de esmaltação, que consiste na

aplicação do esmalte ou da serigrafia na parte lisa do biscoito. A ordem desta etapa pode acontecer de várias maneiras:

- a) o pó do esmalte e a massa do biscoito são prensados conjuntamente;
- b) quando há monoqueima, depois da placa passar pelos secadores, vão para a linha esmaltadeira;
- c) quando há biqueima, depois da primeira queima do biscoito, a placa passa pela esmaltadeira.

Tabela 6 – Classificação quanto ao acabamento

ACABAMENTO	CLASSIFICAÇÃO
Esmaltado	GL
Não-esmaltado	UGL

Fonte: ABNT – NBR 13817 (1997)

2.9.3 Absorção de água

A absorção de água é a característica que indica a quantidade de água que a placa cerâmica pode absorver. A absorção de água influi diretamente em propriedades, como a resistência mecânica e a resistência ao gelo, dentre outras, e está diretamente relacionada com a porosidade da placa. A NBR 13817 (ABNT, 1997) classifica as placas em grupos de absorção de água, conforme Tabela 7.

Tabela 7 – Grupos de absorção de água

GRUPOS	CÓDIGO	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)
Grupo I	Ia	$0 < \text{abs} \leq 0,5$
	Ib	$0,5 < \text{abs} \leq 3,0$
Grupo II	Ila	$3,0 < \text{abs} \leq 6,0$
	Ilb	$6,0 < \text{abs} \leq 10,0$
Grupo III	III	$\text{abs} > 10,0$

Fonte: ABNT – NBR 13817 (1997)

Segue a Tabela 8, criada para codificar os grupos de absorção de água em função dos métodos de fabricação.

Tabela 8 - Codificação dos grupos de absorção de água em função dos métodos de fabricação

ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	MÉTODOS DE FABRICAÇÃO		
	EXTRUDADO (A)	PRENSADO (B)	OUTROS (C)
$0 < \text{abs} \leq 0,5$	AI	Bla	CI
$0,5 < \text{abs} \leq 3,0$		Blb	
$3,0 < \text{abs} \leq 6,0$	AIIa	BIIa	CIIa
$6,0 < \text{abs} \leq 10,0$	AIIb	BIIb	CIIb
$\text{abs} > 10,0$	AIII	BIII	CIII

Fonte: ABNT – NBR 13817 (1997)

2.9.4 Resistência à abrasão

A resistência à abrasão está relacionada com o desgaste superficial da placa cerâmica, quando esta for submetida ao tráfego intenso de pessoas ou ao contato constante com objetos. Existem dois métodos de avaliação da resistência à abrasão: grupos de abrasão superficial para placas esmaltadas e grupos de abrasão profunda para placas não-esmaltadas.

Para produtos esmaltados, o método (PEI) prevê a utilização de um aparelho que provoca a abrasão por meio de esferas de aço e material abrasivo. O resultado é usado como base para uma classificação em classes como se vê na Tabela 9, sendo que para cada classe existe uma recomendação de uso específica, conforme Tabela 10.

Para produtos não-esmaltados, mede-se o volume de material removido da superfície da peça quando submetida à ação de um disco rotativo e material abrasivo.

Tabela 9 – Estágios de abrasão

ESTÁGIO DE ABRASÃO NÚMERO DE CICLOS PARA VISUALIZAÇÃO	CLASSE DE ABRASÃO
100	Classe 0
150	Classe 1
600	Classe 2
750, 1500	Classe 3
2100, 6000, 12000	Classe 4
> 12000	Classe 5 ²

Fonte: ABNT – NBR 13818 (1997)

Tabela 10 – Recomendações de uso conforme classe de abrasão superficial.

CLASSE DE ABRASÃO	RESISTÊNCIA À ABRASÃO	RECOMENDAÇÕES DE USO
Classe 0	Baixíssima	Aconselhado só para paredes
Classe 1 / PEI - 1	Baixa	Banheiros residenciais, quartos
Classe 2 / PEI - 2	Média	Ambientes residenciais sem porta para fora
Classe 3 / PEI - 3	Média Alta	Cozinhas residenciais, corredores, hall de residências, quintais
Classe 4 / PEI - 4	Alta	Estabelecimentos comerciais, entrada de hotéis, show rooms
Classe 5 / PEI - 5	Altíssima e sem encardido	Áreas públicas: shopping, aeroporto, padarias

Fonte: NEVES (2010)

2.9.5 Resistência ao manchamento

Característica que determina o quanto uma superfície pode reter a sujeira e a sua respectiva facilidade de remoção de manchas quando submetida a produtos coloridos, oleosos ou oxidantes, de ação penetrante, tais como café, refrigerantes, vinho, molhos em geral, gorduras, remédios, terra vermelha, solas de calçado, marcas de pneus, etc.

² Caso não haja desgaste visual a 12000 ciclos, bem como caso as manchas não possam ser removidas, por qualquer um dos procedimentos listados no anexo G, os pisos devem ser classificados como grupo 4. A classe PEI 5 abrange simultaneamente a resistência à abrasão a 12000 ciclos e a resistência ao manchamento após a abrasão.

Segundo a NBR 13817 (ABNT, 1997), as placas cerâmicas devem ser classificadas segundo as classes de resistência às manchas conforme Tabela 11.

Tabela 11 - Resistência às manchas

CLASSE³	RESISTÊNCIA
Classe 1	Impossibilidade de remoção
Classe 2	Removível com ácido clorídrico, acetona
Classe 3	Removível com produto de limpeza forte
Classe 4	Removível com produto de limpeza fraco
Classe 5	Máxima facilidade de remoção

Fonte: ABNT – NBR 13817 (1997)

2.9.6 Resistência ao ataque de agentes químicos

Característica que mede a capacidade da superfície da placa de manter seu aspecto original quando submetida à ação de produtos químicos. A resistência ao ataque químico é avaliada através da verificação da ocorrência de mudanças na superfície das placas cerâmicas após o contato com agentes químicos durante um tempo pré-determinado, conforme ensaio descrito na NBR 13818 (ABNT, 1997).

2.9.7 Carga de ruptura e módulo de resistência à flexão

Indicam a capacidade da placa cerâmica em suportar esforços exercidos por cargas (pessoas, objetos, móveis, equipamentos, veículos) que possam levar à rupturas, esmagamento, quebras. Quanto menor a absorção de água e quanto maior a espessura da placa, maior a resistência à ruptura e à flexão. A carga de ruptura é medida em N ou Kgf, e se refere à placa. Já o módulo de resistência à flexão é medido em N/mm² ou N/cm², e se refere ao material.

³ As placas cerâmicas são agrupadas em classes utilizando processos sistemáticos progressivos de limpeza.

2.9.8 Dilatação térmica linear e expansão por umidade

As placas cerâmicas sofrem variação volumétrica ao mudar de temperatura. Essa dilatação térmica é medida com um aparelho de precisão que indica o valor em microns por metro por grau centrígrado que o material aumenta por metro do tamanho inicial, quando aquecido até determinada temperatura. De acordo com a Equação 2.1, a variação das dimensões de um corpo qualquer é proporcional aos seguintes parâmetros:

$$\Delta L = \alpha \times L \times \Delta T \quad 2.1$$

Onde:

ΔL = variação da dimensão do corpo; ou seja dilatação térmica linear

α = coeficiente de variação térmica do corpo

L = tamanho do corpo

ΔT = variação de temperatura.

Desta equação pode-se perceber que quanto maior o corpo, maior sua variação dimensional para uma mesma variação de temperatura. Isso significa que placas de grandes dimensões induzem esforços maiores na argamassa colante ao experimentarem variação térmica. Esse fato é especialmente importante para os porcelanatos que, além de grandes dimensões, são de baixa porosidade. Ou seja, placas de grandes dimensões podem exigir argamassas de desempenho superior em relação às utilizadas em placas de pequenas dimensões.

A expansão por umidade (EPU) é um fenômeno que ocorre quando a placa sai do forno, absolutamente seca, e absorve água do meio ambiente, aumentando seu volume e conseqüentemente suas dimensões lineares. Se as dimensões aumentarem após o assentamento, surgem tensões de cisalhamento prejudiciais à estabilidade do revestimento. Parte da EPU ocorre no período compreendido entre a saída das placas do forno e o assentamento final na obra, mas isso varia com as condições ambientais e o tipo de placa cerâmica. Produtos cerâmicos mal queimados tendem a apresentar maior expansão por umidade e este fenômeno pode ser uma das causas do estufamento e da gretagem. Atualmente, entende-se que valores de EPU acima de 0,6mm/m podem eventualmente contribuir para problemas de destacamento se existirem outros erros de projeto e/ou execução do revestimento.

2.9.9 Gretamento

O gretamento ocorre apenas nas peças esmaltadas. São micro fissuras na superfície da peça cerâmica e na maioria das vezes, são causadas pela expansão por umidade, quando o esmalte não acompanha a movimentação da base e trinca.

2.9.10 Características geométricas

As características geométricas podem ser divididas em três tipos: a ortogonalidade, a retitude e a planaridade. A ortogonalidade indica se os lados da placa cerâmica estão perpendiculares entre si e se seus ângulos estão retos; a retitude de lados da placa indica se os lados da peça apresentam curvaturas para dentro e/ou para fora; a planaridade subdivide-se em três características: a curvatura central, a lateral e o empeno. A curvatura central apresenta-se como um efeito convexo no centro da peça cerâmica, a curvatura lateral apresenta-se da mesma forma da central, porém o grau é maior, sendo visível no(s) lado(s) da peça; o empeno manifesta-se como uma deformação transversal ou longitudinal da peça cerâmica, formando um aspecto encurvado em pelo menos um dos vértices. A NBR 13817 (ABNT, 1997) estipula uma margem de variação dimensional quanto às características geométricas das placas cerâmicas.

2.10 ARGAMASSA DE REJUNTAMENTO

A argamassa de rejuntamento, também denominada apenas rejunte, é uma composição à base de cimento Portland e de outros componentes homogêneos, como aditivos para a aplicação nas juntas de assentamento entre as placas cerâmicas. Devem ser impermeáveis, laváveis, possuir capacidade de retornar à forma original após terem sido submetidos a uma deformação elástica, possuir aditivos para retenção de água e ser de fácil remoção.

Segundo Feres (2004), a finalidade da argamassa de rejuntamento é oferecer o acabamento estético ao sistema de revestimento cerâmico, proporcionando durabilidade ao sistema, uma vez que atua no controle do desenvolvimento de fenômenos físico-químicos. As características das argamassas de rejuntamento são: impermeabilidade, flexibilidade, plasticidade, elasticidade, resistência a fungos e bactérias, resistência ao manchamento e estabilidade de pigmentação.

Segundo a NBR 14992 (ABNT, 2003) – Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas – Requisitos e métodos de ensaio os rejuntos devem ser especificados tendo como referência as características e uso do ambiente, como descrito:

- a) Rejunte tipo I: argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas para uso em ambientes internos e externos, desde que observadas as seguintes condições:
 - aplicação restrita aos locais de trânsito de pedestres/transeuntes, não intenso;
 - aplicação restrita a placas cerâmicas com absorção de água acima de 3% (grupos II e III - segundo a NBR 13817);
 - aplicação em ambientes externos, piso ou parede, desde que não excedam 20 m² e 18 m², respectivamente, limite a partir do qual são exigidas as juntas de movimentação;
- b) Rejunte tipo II: argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas, para uso em ambientes internos e externos, desde que observadas as seguintes condições:
 - todas as condições do tipo I;
 - aplicação em locais de trânsito intenso de pedestres/transeuntes;
 - aplicação em placas cerâmicas com absorção de água inferior a 3% (grupo I segundo a NBR 13817);
 - aplicação em ambientes externos, piso ou parede, de qualquer dimensão, ou sempre que se exijam as juntas de movimentação;
 - ambientes internos ou externos com presença de água estancada (piscinas, espelhos d'água etc.).
- c) Rejunte utilizado em ambiente agressivo: material à base de cimento aluminoso, polímeros, bactericida, fungicida, utilizado em ambientes química ou mecanicamente agressivos como cozinhas industriais, indústrias químicas e alimentícias. Possui alta resistência mecânica e à ação de agentes químicos.

2.11 CONSOLIDAÇÃO DOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA

A consolidação de revestimentos em argamassa tem sido muito realizada, especialmente no continente europeu, na conservação e restauro de antigos revestimentos

de argamassa, a fim de restituir a coesão perdida do referido material, aumentando, por conseguinte, a sua resistência superficial.

Segundo Tavares, Aguiar e Veiga (2005), de maneira genérica, consolidar significa tornar sólido, fortalecer, tornar estável, fazer aderir. Desta forma, por consolidação de um revestimento se entende a aplicação de um material que ao penetrar em profundidade, melhora a coesão entre as partículas do material desintegrado, suas características mecânicas (resistência superficial) e aderência entre as camadas de revestimentos (umas às outras e com o suporte). O consolidante é uma substância que no seu estado fluído vai penetrar no interior de um material reconstituindo a adesão através do processo de presa. O material a ser usado durante o processo de consolidação deve respeitar as características físicas da estrutura original e respeitar ainda fatores de: porosidade, expansão térmica, refração de luz, homogeneidade e coesão do revestimento antigo. A técnica de aplicação é também muito importante e dela depende a penetração; um consolidante pode ser impregnado através de pincelamento, pulverização, injeções ou por imersão; este último caso não se aplica no caso de consolidações *in situ*, mas sim para ensaios de laboratório (ALVES, 2009 *apud* TAVARES *et al* 2009).

2.11.1 Classificação dos consolidantes

De acordo com Aguiar (2001) *apud* Leitner (1996), os consolidantes podem ser classificados em:

- a) consolidantes orgânicos: colas animais, óleos secativos, gomas vegetais, cera de abelhas, caseína, resinas naturais, clara de ovo e açúcar;
- b) consolidantes inorgânicos: água de cal, silicatos alcalinos como o silicato de sódio e de potássio, por vezes misturados com consolidantes orgânicos (caso do “caseinato cálcico”).

2.11.2 Propriedades dos consolidantes

As propriedades mais importantes a serem consideradas na especificação de um consolidante de revestimentos, segundo ALVES (2009) *apud* VILLEGAS (2003), são:

- a) Ter boa profundidade de penetração: o produto deve penetrar adequadamente desde a superfície até o interior do material o máximo possível e em concentração suficiente. Desta forma a penetração do produto depende de vários fatores: composição, viscosidade (tipo de solvente empregado), dimensão da molécula, tensão superficial e técnica de aplicação;
- b) Não deve alterar a porosidade do revestimento original: Este aspecto deve ser considerado, pois é em função do volume e dimensão dos poros que a água contida no interior da argamassa se movimenta. Se o consolidante produzir uma diminuição drástica desta porosidade haverá uma acumulação de água e sais nos locais tratados.
- c) Deve ter boa capacidade de transferência de umidade: O consolidante deve continuar permitindo a passagem de umidade do interior para o exterior do revestimento, ou seja, não deve reduzir a permeabilidade ao vapor de água, caso contrário haverá uma acumulação de água e sais nos locais tratados.
- d) O consolidante deve ter compatibilidade química com o revestimento a ser tratado: é preciso que o consolidante tenha compatibilidade com o revestimento a ser tratado, ou seja, não deve formar compostos que possam afetar a estrutura cristalina da argamassa.
- e) Não deve mudar o aspecto estético: O consolidante não deve mudar a cor, ou provocar amarelecimento ou brilho sobre o revestimento.

2.11.3 Principais consolidantes disponíveis

Os principais consolidantes disponíveis hoje no mercado são:

- a) consolidantes orgânicos: resinas e emulsões acrílicas, resinas de silicone, PVA, PVC, álcool polivinílico, nylon, celulose, ceras microcristalinas, caseína e resinas epoxídicas;
- b) consolidantes inorgânicos: silicato de etilo (sendo um material inorgânico à base de silício, provém de uma composição orgânica que, no decorrer do processo da sua aplicação e como consequência de processos químicos, o

contato com a umidade ou com o solvente da mistura, provoca uma reação de hidrólise, acaba por se converter em um material essencialmente inorgânico); bactérias (transformadas através do processo de biomineralização) depois de aplicadas produzem calcário que irão fortalecer as camadas de revestimentos.

2.11.4 Vantagens e desvantagens dos consolidantes

A Tabela 12, a seguir, reúne as principais vantagens e desvantagens dos consolidantes orgânicos e inorgânicos, Aguiar (2001) *apud* Leitner (1996).

Tabela 12 – Vantagens e desvantagens dos consolidantes orgânicos e inorgânicos

TIPO DE CONSOLIDANTE	VANTAGENS	DESVANTAGENS
CONSOLIDANTE ORGÂNICO	- Maior capacidade adesiva - Maior flexibilidade - Reversibilidade superficial - Facilidade de aplicação	- Menor capacidade de penetração - Instabilidade química, degradando-se em contato com o oxigênio, com o ozônio, com a luz do dia e os raios UV e com soluções ácidas ou alcalinas - Maior susceptibilidade ao ataque microbiológico - Durabilidade desconhecida, mas presumivelmente inferior à dos produtos minerais - Efeitos desconhecidos no comportamento geral da fachada
CONSOLIDANTE INORGÂNICO	- Maior afinidade química e física com os materiais originais das paredes - Boa capacidade de penetração devido ao baixo peso molecular - Capacidade de não alterarem propriedades hidrófilas dos materiais - Maior estabilidade química - Maior resistência aos raios UV	- Inadequado para o preenchimento e consolidação de juntas de separação superiores a 50 - 100 microns (dependendo do tipo de produto) - Aplicação mais complexa - Irreversibilidade

2.11.5 Endurecedores de superfície

Os endurecedores de superfície são comercialmente encontrados em formulações distintas, tanto na forma líquida (silicatos e fluorsilicatos) ou sólida (agregados minerais ou metálicos). Segundo Bauer (2002), os endurecedores de superfície têm sido utilizados principalmente em pisos de concreto, para aumentar a resistência à abrasão, podendo ser aplicados durante a execução do mesmo (por meio de aspersão de sólidos) ou no concreto já endurecido (na forma líquida) obedecendo às recomendações de cada fabricante.

Os endurecedores superficiais líquidos são, em geral, à base de fluorsilicato (zinco ou magnésio) ou de silicato (sódio, cálcio ou potássio). Quando aplicados sobre o concreto ou argamassas, os endurecedores penetram na porosidade superficial e reagem com o hidróxido de cálcio, com a cal livre e outras partículas solúveis da pasta de cimento endurecida formando cristais de alta dureza, mais resistentes e insolúveis, criando uma superfície mais resistente a esforços de tração e abrasão, diminuindo a permeabilidade aos líquidos e evitando o desgaste superficial e a liberação de pó. (MEHTA & MONTEIRO, 1994)

2.12 ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE REVESTIMENTOS DE PAREDES E TETOS DE ARGAMASSAS INORGÂNICAS

A NBR 13528 (ABNT, 2010) prescreve o método para determinação da resistência de aderência à tração de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas.

O ensaio deve ser realizado no revestimento com idade de 28 dias no caso de argamassas mistas ou de cimento e areia e de 56 dias para argamassas de cal e areia, contados após a aplicação da argamassa sobre o substrato. Caso seja de interesse a realização do ensaio em outra idade, conforme acordo entre as partes, esta idade deve ser registrada no relatório de ensaio.

O ensaio deve ser realizado para avaliar a capacidade de aderência do revestimento sobre painéis de alvenaria, componentes de alvenaria (blocos e tijolos), placas de concreto, entre outros.

Antes da aplicação da argamassa, deve ser realizada uma limpeza na superfície do substrato para a eliminação de agentes contaminantes (óleo, poeira e outros), que possam prejudicar a aderência entre a argamassa e o substrato.

De acordo com os objetivos a que se propõe o ensaio, devem ser selecionadas as características dos revestimentos e, no caso de argamassas industrializadas, devem ser seguidas as recomendações do fabricante quanto ao processo de aplicação, espessura e acabamento.

A forma de lançamento da argamassa ao substrato é um fator que interfere no comportamento do revestimento, principalmente no que se refere ao mecanismo de aderência. As argamassas projetadas mecanicamente podem apresentar valores de resistência de aderência superiores e coeficiente de variação inferior, em relação às argamassas aplicadas manualmente, isto porque a projeção mecânica proporciona maior superfície de contato e compacidade após a aplicação, reduzindo a porosidade e permeabilidade dos revestimentos.

Cada ensaio é composto por 12 corpos-de-prova de mesmas características (tipo e preparo do substrato, argamassa de revestimento, forma de aplicação da argamassa, idade do revestimento), tanto para ensaios em obra quanto em laboratório.

A distribuição dos corpos-de-prova no painel revestido deve ser feita de forma aleatória, contemplando arrancamento em juntas e blocos, conforme Figura 2. Os pontos de arrancamento devem estar espaçados entre si, além dos cantos e das quinas, em no mínimo 50 mm.

De forma a representar adequadamente o painel, sempre que possível, convém que o posicionamento dos corpos-de-prova siga a proporção entre as áreas de superfícies de blocos e de juntas de substrato.

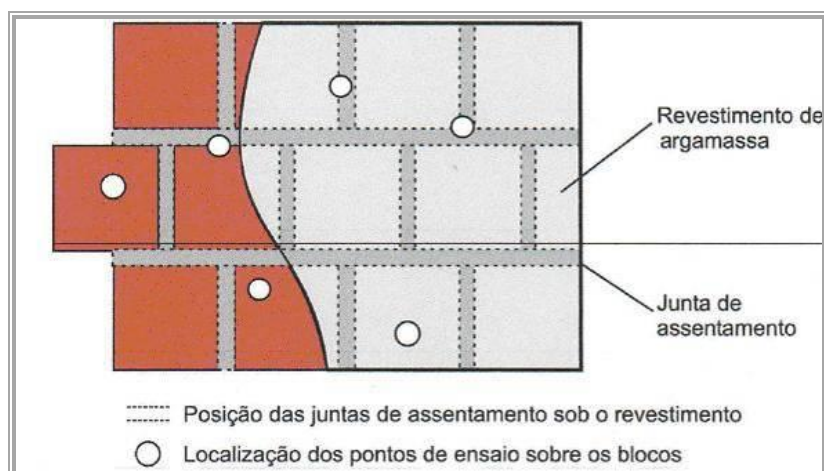


Figura 2 – Posição dos corpos-de-prova para a realização do ensaio.

Fonte: ABNT – NBR 13528 (2010)

O corte dos corpos-de-prova será executado a seco ou com água, conforme as características da argamassa. Quando o corte é realizado à úmido, executá-lo com antecedência suficiente para que o revestimento esteja seco no momento da colagem da pastilha e da realização do ensaio. O corte não deve comprometer a integridade do revestimento. O corte deve ser realizado mantendo sempre o equipamento de corte em posição ortogonal à superfície e deve avançar de 1 mm a 5 mm dentro do substrato, como mostra a Figura 3. Para a avaliação da aderência entre camadas de um revestimento, aprofundar o corte no máximo a 5 mm além da interface de interesse.

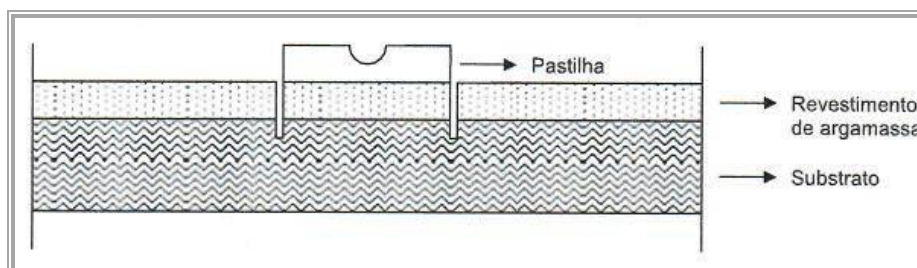


Figura 3 – Delimitação do corpo-de-prova de revestimento pelo corte

Fonte: ABNT – NBR 13528 (2010)

Antes de colar as pastilhas, deve-se limpar a superfície do corpo-de-prova para a remoção de partículas soltas e a superfície da pastilha.

A pastilha deve ser colada totalmente centrada no corpo-de-prova delimitado pelo corte, para evitar a aplicação de esforço excêntrico. Pressionar a pastilha de maneira que seja garantido o total espalhamento da cola, removendo o excesso com espátula. A espessura da camada de cola não deve ultrapassar 5 mm. O tempo de secagem da cola varia em função da recomendação do fabricante.

O ensaio de resistência de aderência à tração deve ser realizado com o corpo-de-prova seco, uma vez que a umidade do revestimento no momento do ensaio influencia nos valores de aderência e nos coeficientes de variação.

O equipamento utilizado para realização do ensaio, o dinamômetro, deve estar aferido, atendendo ao erro máximo de 2%, comprovado por certificado do responsável pela aferição. Este deve permanecer com seu eixo de aplicação da carga ortogonal ao plano de revestimento, sendo que o ensaio não deve sofrer impacto ou esforços indesejáveis, como vibrações e movimentos bruscos. Antes de aplicar o esforço de tração, verificar se o conjunto corpo-de-prova/dinamômetro está estabilizado e se não há flutuação do dispositivo de leitura. Em seguida, aplicar o esforço de tração perpendicularmente ao corpo-de-prova com taxa de carregamento constante, até a ruptura do corpo-de-prova.

Na ruptura do corpo-de-prova, deve-se anotar a carga (N) ou tensão de ruptura (MPa) obtida para cada corpo-de-prova ensaiado.

Deve-se examinar a pastilha do corpo-de-prova ensaiado quanto a eventuais falhas de colagem. Em caso de falha desta natureza, o resultado deve ser desconsiderado e uma nova determinação deve ser repetida.

Com o auxílio do paquímetro, deve-se determinar o diâmetro do corpo-de-prova, para o cálculo da área, além da espessura do revestimento. O diâmetro deve ser obtido por meio da média de duas determinações tomadas em pares de pontos uniformemente distribuídos ao longo do perímetro. Calcular a área da seção transversal do corpo-de-prova em milímetros quadrados. Analisar e registrar a(s) forma(s) de ruptura do corpo-de-prova, com seus respectivos percentuais, conforme demonstrado nas Figuras 4 e 5.

A resistência de aderência à tração é calculada conforme a Equação 2.2.

$$Ra = F \div A$$

2.2

Onde:

Ra = resistência de aderência à tração (MPa)

F = força de ruptura (N)

A = área do corpo-de-prova (mm²)

A força F e a área A devem ser registradas na fórmula em números inteiros, enquanto que os valores de resistência de aderência à tração devem ser expressos com duas casas decimais.

As formas de ruptura dos corpos-de-prova devem ser expressas com indicação de porcentagem de ocorrência e apresentadas junto com o respectivo valor da resistência de aderência. A ruptura nem sempre ocorre na interface entre o revestimento e o substrato; as Figuras 4 e 5, adiante, apresentam as formas de ruptura possíveis, com suas denominações, para um sistema de revestimento sem chapisco e com chapisco, respectivamente.

No caso de ruptura na interface argamassa/substrato, conforme exemplo B da Figura 4, e ruptura na interface substrato/chapisco e chapisco/argamassa (exemplos B e D da Figura 5), o valor da resistência de aderência a tração é igual ao valor obtido no ensaio.

No caso das demais rupturas mostradas nas Figuras 4 e 5, a resistência de aderência não foi determinada e é maior do que o valor obtido no ensaio; o valor obtido no ensaio deve ser apresentado precedido pelo sinal maior que (>);

A ruptura na interface cola/pastilha, conforme exemplos E da Figura 4 e G da Figura 5, indica imperfeição na colagem da pastilha e o resultado deve ser desprezado.

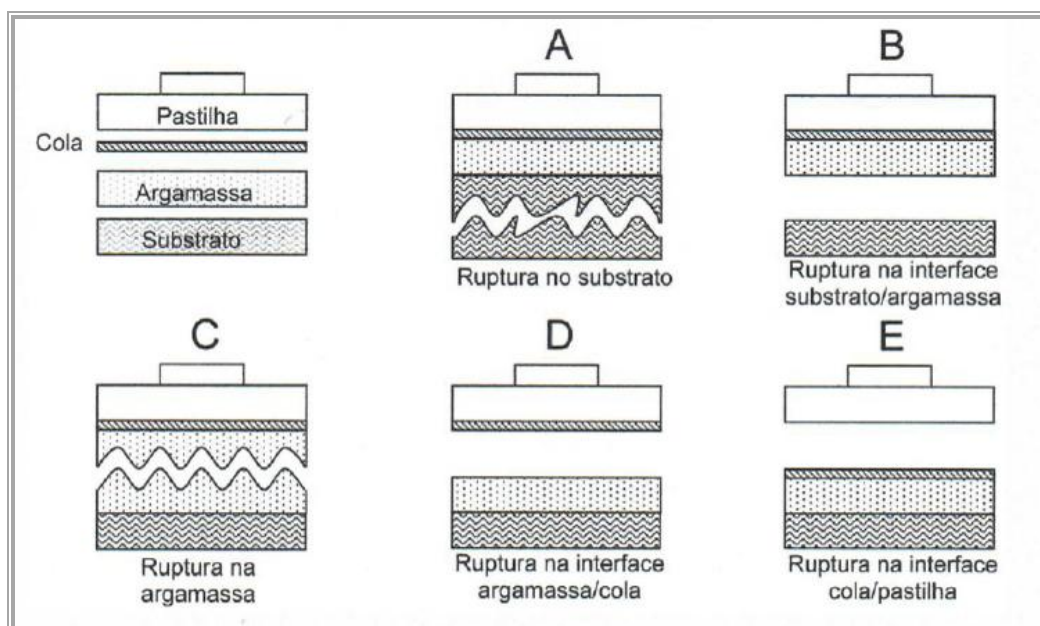


Figura 4 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento sem chapisco

Fonte: ABNT – NBR 13528 (2010)

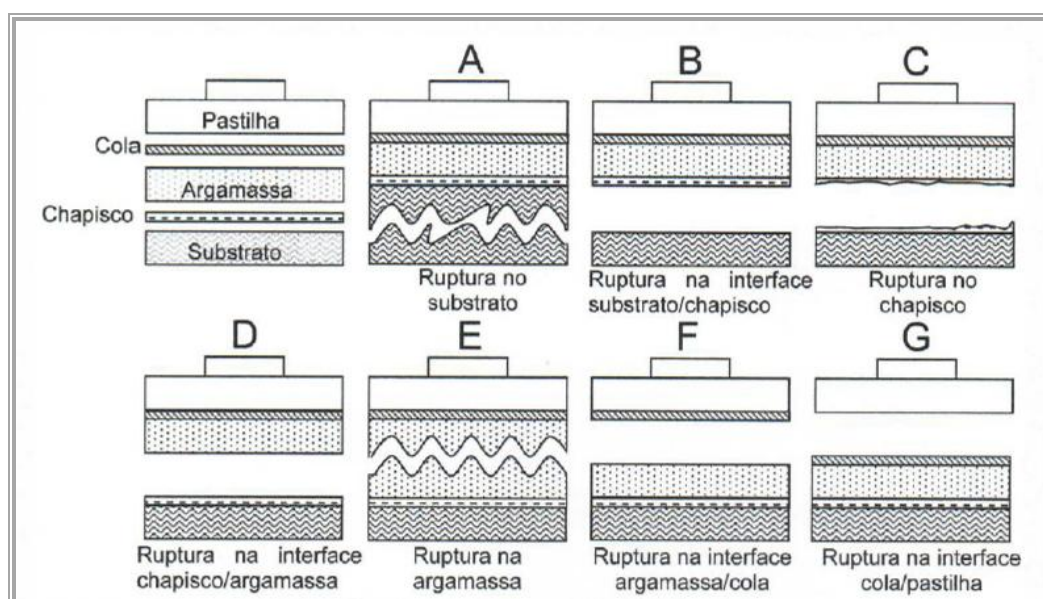


Figura 5 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento com chapisco

Fonte: ABNT – NBR 13528 (2010)

Quando ocorrem diferentes formas de ruptura no mesmo corpo-de-prova, anotar a porcentagem aproximada da área de cada um dos tipos de ruptura.

O relatório do ensaio deve incluir as seguintes informações e dados:

- a) Indicação do tipo do substrato identificado pelo laboratório;
- b) Características dos equipamentos de corte e de tração utilizados;
- c) Umidade do revestimento no momento do ensaio;
- d) Resultados individuais de resistência de aderência, associados com os percentuais dos tipos de ruptura obtidos.

O relatório do ensaio também deve indicar as seguintes informações e dados e sua fonte, justificando quando não for possível obtê-las:

- a) Identificação do tipo do substrato, tipo de argamassa de revestimento e processo de aplicação da argamassa;
- b) Detalhamento do preparo da base;
- c) Marca comercial da(s) argamassa(s) e fabricante, no caso de produto industrializado;
- d) Composição e proporcionamento da(s) argamassa(s), no caso de produto preparado em obra;
- e) Idade do revestimento quando da realização do ensaio.

Este capítulo consistiu numa revisão bibliográfica dos assuntos inerentes à temática do trabalho, abordando o sistema de revestimento cerâmico, endurecedores de superfície e ensaio de resistência de aderência à tração. Este conhecimento foi utilizado para a execução do programa experimental descrito no capítulo a seguir.

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste capítulo, será apresentado um experimento realizado com o intuito de analisar o desempenho da aplicação de endurecedor de superfície sobre argamassa de emboço base para revestimento cerâmico, quanto à resistência de aderência à tração.

O programa experimental consiste na execução de um painel de argamassa de emboço de traço “pobre”, a ser chamado de painel de argamassa padrão e 4 (quatro) painéis com a mesma argamassa e posterior aplicação de endurecedores de superfície. Os painéis serão ensaiados para determinação das resistências de aderência à tração, e a análise será realizada com base nos resultados dos ensaios na argamassa padrão.

Alguns parâmetros foram considerados constantes em todo o estudo, de modo a padronizar a superfície de aplicação do endurecedor e a execução do ensaio de resistência de aderência à tração.

Quanto à argamassa de emboço, os parâmetros constantes foram:

- a) o tipo de substrato;
- b) a composição, o processo de produção e a forma de lançamento da argamassa utilizada.

Quanto ao ensaio de determinação de resistência de aderência à tração, os parâmetros constantes foram:

- a) o procedimento de corte do revestimento a seco;
- b) o tipo de cola à base poliéster;
- c) o equipamento, dinamômetro de tração marca Solotest com capacidade de carga de 1200 kgf.

Quanto ao endurecedor de superfície, foram consideradas duas variáveis, sendo elas:

- a) a composição do produto: um produto à base de silicato de sódio e outro à base de fluorsilicato de magnésio
- b) forma de aplicação do produto: aspersão, por meio de espargidor do tipo agrícola e pintura, por meio de rolo de espuma.

3.1 MATERIAIS

A seguir serão descritos os materiais utilizados:

3.1.1 Substrato

O substrato utilizado foi uma parede existente de alvenaria em bloco de concreto com chapisco. Para execução dos protótipos de argamassa, a parede existente foi dividida em 5 (cinco) painéis, por meio de sarrafo de madeira, conforme Figura 06.

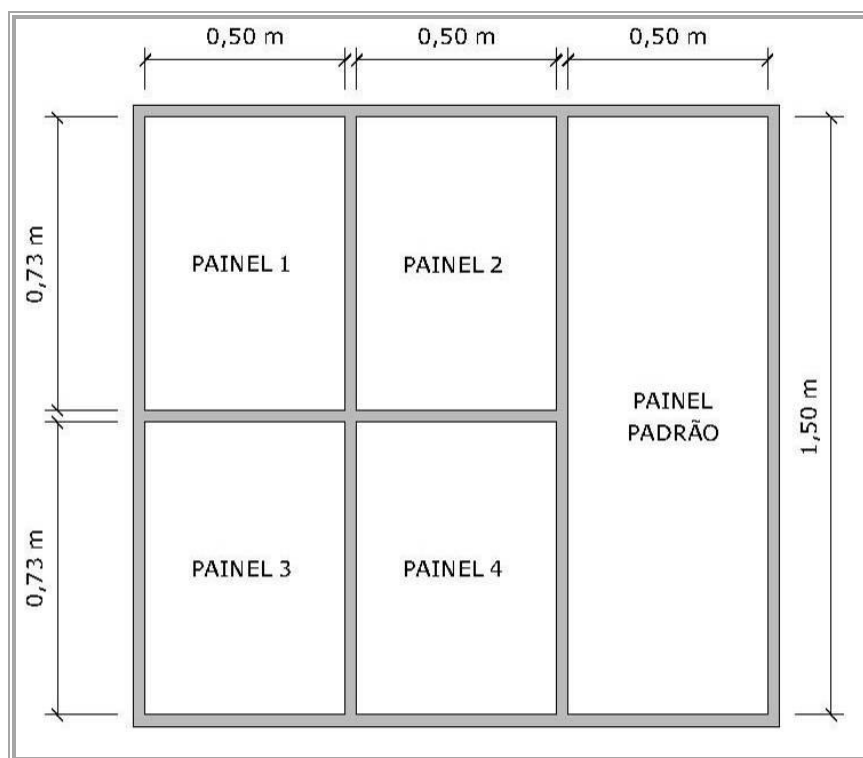


Figura 6 – Croqui de divisão da parede existente em painéis

3.1.2 Argamassa

A princípio, foi executada uma argamassa de emboço com traço 1:0,21:7,52:1,41 em massa seca, a qual foi descartada em função de sua alta resistência a compressão pois acreditou-se que com esta resistência não seriam atingidos os objetivos do programa experimental.

A segunda argamassa de emboço foi executada com traço fornecido pelo Engº Cesar Henrique Sato Daher, sendo 1:0,75:19,30:3,92 em massa seca, correspondendo respectivamente ao cimento, cal hidratada, areia seca e água.

Os materiais utilizados na confecção destas duas argamassas foram: cimento Portland do tipo CP II E 40 do fabricante Tupi, cal hidratada do tipo CH-I do fabricante Qualical e areia natural de rio média do Porto Consmar com módulo de finura $3,87 \geq MF \geq 2,39$, cujo teor de umidade médio era de 6%.

Foi adotada a espessura de 25 ± 5 mm para o protótipo da argamassa de emboço, conforme Figura 7. Esta espessura foi definida conforme o disposto no item 5.3 da NBR 13749 - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação (ABNT, 1996), que recomenda a espessura para paredes externas de 20 a 30 mm.

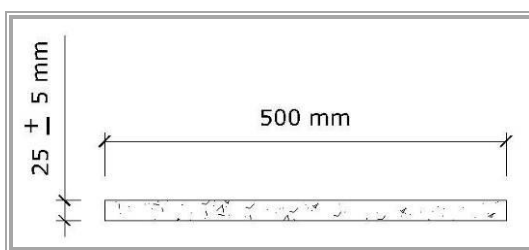


Figura 7 – Vista do painel de argamassa de emboço em corte

3.1.3 Endurecedor de superfície

Os dois produtos, endurecedores de superfície, utilizados são compostos de propriedades físico-químicas distintas.

Um dos produtos utilizados trata-se de fluorsilicato de magnésio, possui um aspecto líquido, incolor e viscosa, com densidade de 1,115 a 1,163 g/cm³. O produto é da Indústria Basf e tem o nome comercial de Lapidolith, conforme Foto 1(a). Segundo o fabricante, o consumo do produto, para uso em piso de concreto desempenado manualmente é de 0,468 kg/m² e este produto deve ser diluído em água, conforme Anexo A.

O outro produto utilizado é a base de silicato de sódio, possui aparência líquida e amarela, com densidade de 1,15 g/cm³. Este produto deve ser aplicado em uma demão única, sem diluição, segundo o fabricante. Ele é da Indústria MC-Bauchemie e tem o nome comercial de Quickset, conforme Foto 1(b). Segundo o fabricante, o consumo do produto, para uso em piso de concreto é de 0,30 kg/m². (ver Anexo B)



(a)

(b)

Foto 1 – Vista do tambor do produto Lapidolith do fabricante Basf e do galão do produto Quickset do fabricante Mc-Bauchemie.

3.1.4 Cola

Utilizou-se cola à base de resina de poliéster, conforme Foto 2, para colagem da pastilha na superfície do corpo-de-prova, para realização do ensaio de determinação da resistência de aderência à tração. (ver Anexo C)



Foto 2 – Vista da lata de cola à base de resina de poliéster.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A fim de alcançar os objetivos já expostos acima, as atividades nas quais se desdobra o programa experimental foram executadas conforme detalhado a seguir.

3.2.1 Preparo do revestimento de argamassa de emboço

As argamassas foram preparadas em misturador mecânico de eixo inclinado (betoneira), pré-umedecida, com capacidade de 120 litros, sendo cada mistura efetuada com 3,52 kg de cimento, 7,04 kg de cal, 53,73 kg de areia úmida e empregando-se 13,80 litros de água, com tempo de mistura entre 10 e 15 minutos, conforme mostram as Fotos 3 a 5 a seguir.

Para confecção dos cinco painéis de argamassa o mesmo traço foi rodado 3 (três) vezes. Para cada traço rodado, foram moldados 9 (nove) corpos-de-prova que foram ensaiados para obtenção da resistência à compressão, em 3 (três) diferentes idades. Os resultados destes ensaios serão apresentados no Capítulo 4.



Foto 3 - Vista da balança, mostrando 7,04 kg de cal hidratada (a) e 3,52 Kg de cimento CP-II (b).



(a)

(b)

Foto 4 - Vista da balança, mostrando 30,00 kg de areia (a) e 23,73 kg de areia (b).



(a)

(b)

Foto 5 – Vista da mistura da argamassa na betoneira (a) e a argamassa mista descarregada no carrinho de mão, para ser encaminhada ao local da execução do emboço (b).

3.2.2 Aplicação da argamassa de emboço

Previamente a aplicação da argamassa foi feita uma limpeza superficial no substrato para a retirada de poeira e outros materiais que pudessem prejudicar a aderência

argamassa-substrato. Após este procedimento, procedeu-se o lançamento da argamassa sobre o substrato de forma manual, de acordo com a Foto 6.

A espessura do revestimento foi fixada em 25 ± 5 mm. Após a aplicação da argamassa, aguardou-se o ponto de sarrafeamento do revestimento. Decorrido este tempo de espera, o pedreiro cortou a argamassa excedente por meio de uma régua de alumínio. Posteriormente, executou-se o desempeno da superfície com uma desempenadeira de madeira, o acabamento final adotado áspero.

Todas as argamassas de emboço dos painéis foram realizadas na mesma data, utilizando-se a mesma mão de obra, equipamentos e os procedimentos de execução e acabamento dos painéis também foram padronizados, a fim de evitar resultados distorcidos.



Foto 6 – Vista da parede existente: divisão em painéis e lançamento da argamassa.

3.2.3 Aplicação do endurecedor de superfície

A aplicação do endurecedor de superfície foi realizada sobre o revestimento de argamassa com idade de 49 (quarenta e nove) dias, contados após a aplicação da argamassa sobre o substrato.

Inicialmente, realizou-se a lavagem do revestimento de argamassa dos painéis com mangueira d'água e aguardou-se a secagem. Em seguida, os painéis de 1 a 4 receberam a aplicação de endurecedor de superfície conforme ilustrado na Figura 8 e nas Fotos 7 a 9, adiante.

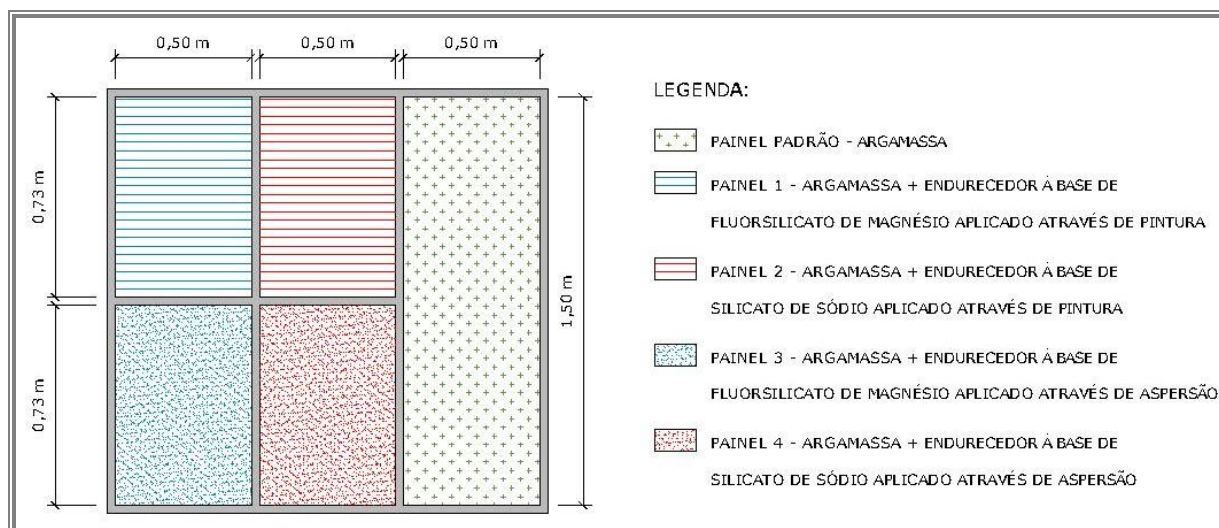


Figura 8 – Croqui de aplicação dos endurecedores superficiais.

No painel 1 foi aplicado o produto Lapidolith, à base de fluorsilicato de magnésio, através de pintura com rolo de espuma, conforme Foto 8(a); no painel 2 foi aplicado o produto Quickset, à base de silicato de sódio, através de pintura com rolo de espuma, conforme Foto 8(b).

No painel 3 foi aplicado com spray o produto Lapidolith, à base de fluorsilicato de magnésio, através de espargidor do tipo agrícola, conforme Foto 9(a) e no painel 4 foi aplicado o produto Quickset, à base de silicato de sódio, através de spray com espargidor do tipo agrícola, conforme demonstrado na Foto 9(b).

Nos painéis 1 e 3, que receberam aplicação do Lapidolith, à base de fluorsilicato de magnésio, foram utilizadas duas camadas de produto. A primeira camada foi diluída na proporção de 1:1 (água: endurecedor) e a segunda camada na proporção 1:2 (água: endurecedor), com consumo de 0,468 kg/m² em cada camada, conforme especificação do fabricante. O intervalo entre camadas foi de 24hs. Nos painéis 2 e 4, que receberam aplicação do Quickset, à base de silicato de sódio, foi utilizada somente uma camada de produto sem diluição, conforme especificação do fabricante.



Foto 7– Vista geral dos painéis 1 a 4, onde foram aplicados os endurecedores de superfície.

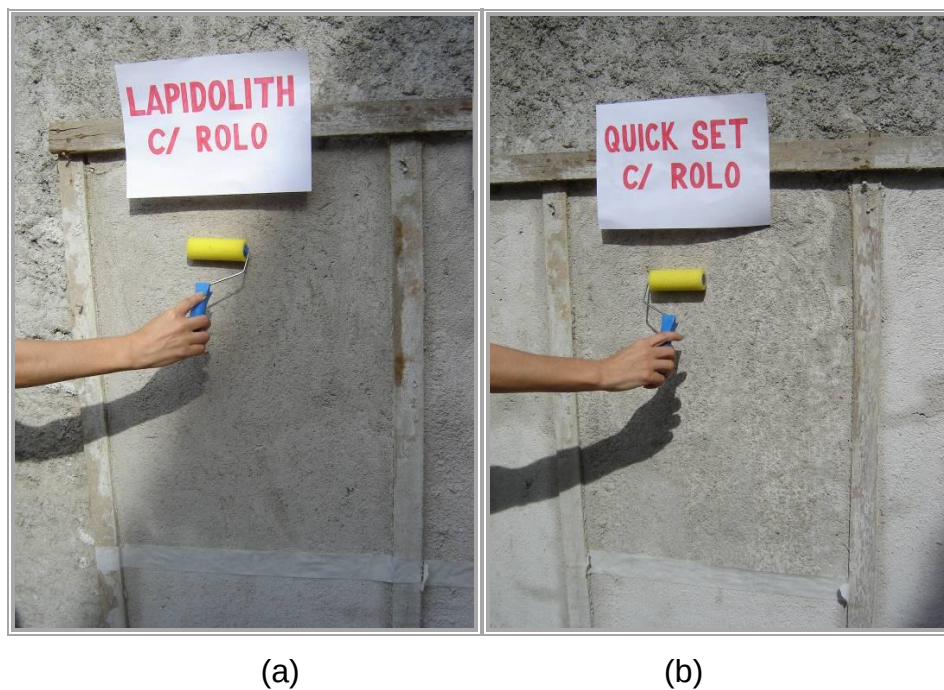


Foto 8 – Vista dos painéis 1 e 2, onde foram aplicados através de pintura com rolo de espuma, os endurecedores de superfície: Lapidolith - fluorsilicato de magnésio (a) e Quickset – silicato de cálcio (b).



(a)

(b)

Foto 9 – Vista dos painéis 3 e 4, onde foram aplicados através de aspersão por meio de espargidor do tipo agrícola, os endurecedores de superfície: Lapidolith - fluorsilicato de magnésio (a) e Quickset – silicato de cálcio (b).

3.2.4 Determinação da resistência de aderência à tração

O ensaio de determinação da resistência de aderência à tração foi realizado nos 5 (cinco) painéis estando a argamassa de emboço com idade de 57 (cinquenta e sete) dias, contados após a aplicação da mesma sobre o substrato. Nos painéis com aplicação dos endurecedores de superfície, o intervalo de tempo entre a aplicação do produto e a execução do ensaio foi de 8 (oito) dias.

Os cortes foram realizados previamente à colagem das pastilhas. Para evitar trepidações, os corpos de prova circulares, foram cortados por um serra-copo acoplada a uma furadeira. Os cortes foram executados a seco.

Atendendo o disposto na NBR 13528 (ABNT, 2010), para cada painel analisado foram preparados doze corpos de prova, sendo distribuídos de forma aleatória, mantendo-se um espaço mínimo de 50 mm entre si, além dos cantos e quinas, para a situação analisada, resultando um total de com 60 corpos de prova ensaiados, conforme se observa na Foto 10.



Foto 10 - Distribuição dos corpos de prova para o ensaio de resistência à tração.

O tempo aguardado para a secagem da cola foi de no mínimo 1h para o adesivo a base de resina de poliéster. Depois desse período realizaram-se os ensaios de resistência de aderência à tração.

O ensaio de resistência de aderência à tração foi executado com o equipamento descrito no item 3.1 da NBR 13528 (ABNT, 2010), por meio da imposição de um carregamento axial de tração contínuo à pastilha previamente colada ao revestimento, conforme pode ser observado nas Fotos 11 a 14 abaixo. Para reduzir a variabilidade de operação, alguns cuidados foram considerados: o ensaio foi executado mantendo-se sempre o eixo de aplicação da carga perpendicular ao plano de revestimento; evitaram-se vibrações do equipamento enquanto estivesse conectado à pastilha.



Foto 11 - Execução do ensaio no painel com argamassa “padrão”.



(a)

(b)

Foto 12 – Execução do ensaio nos painéis com aplicação de Lapidolith - fluorsilicato de magnésio, através de pintura com rolo (a) e aspersão(b). Observa-se em detalhe o dinamômetro utilizado no ensaio e o corpo de prova rompido (a).



(a)

(b)

Foto 13 - Execução do ensaio no painel com aplicação de Quickset - silicato de sódio através de rolo (a) e através de aspersão (b).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados dos ensaios realizados na argamassa de emboço durante o programa experimental, resistência à compressão e resistência de aderência à tração, bem como a análise dos mesmos.

Inicialmente, apresentam-se os resultados do ensaio de resistência à compressão. Durante o lançamento da argamassa foram moldados 9 (nove) corpos-de-prova para cada traço rodado, sendo 3 (três) para cada idade (7, 14 e 28 dias). A Tabela 13 mostra as médias obtidas para cada idade.

Tabela 13 – Resultado dos ensaios de resistência à compressão da argamassa.

T R A Ç O	DATA E HORA MOLDAGEM	UMIDADE AREIA (%)	TEMP. AMB. (°C)	TEMP. ARG. (°C)	ÁGUA TOTAL	ÁGUA FINAL	A/C FINAL	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)		
								7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
1	17/09/2010 14:09 hs	6%	32,3	26,0	13,8	11	3,125	1,40	1,60	1,90
2	17/09/2010 14:43 hs	6%	27,4	24,5	13,8	11	3,125	1,80	1,90	1,90
3	17/09/2010 15:17 hs	6%	24,3	25,0	13,8	11	3,125	1,70	1,80	1,90

Os resultados do ensaio mostram que a resistência à compressão atingida pela argamassa de emboço à 28 (vinte e oito) dias é, na média, de 1,90 MPa, que está muito abaixo do aceitável. Esta análise foi feita com base na experiência de engenheiros de obra, que estipulam valores aceitáveis de resistência à compressão para revestimentos externos em argamassa acima de 6 MPa.

Quanto aos ensaios de resistência de aderência à tração, apresenta-se na Tabela 14, o resumo dos resultados. Nesta tabela resumo foram consideradas, para cada painel, as 8 (oito) melhores determinações, do total de 12 (doze). As tabelas com os dados pormenorizados do ensaio de resistência de aderência à tração encontram-se no apêndice, Capítulo 7 (tabelas 7A a 7E).

Tabela 14 – Tabela resumo do ensaio de resistência de aderência à tração.

TIPO DE SUB. *	DETERMINAÇÕES (8 melhores do total de 12) em MPa								MÉDIA (MPa)	DESVIO PADRÃO	COEF. VAR.
	1	2	3	4	5	6	7	8			
A	0,020	0,020	0,030	0,010	0,015	0,010	0,020	0,010	0,017	0,007	41%
B	0,020	0,020	0,020	0,030	0,025	0,015	0,010	0,015	0,019	0,006	32%
C	0,025	0,155	0,102	0,075	0,060	0,065	0,040	0,060	0,073	0,040	55%
D	0,050	0,105	0,075	0,020	0,050	0,070	0,075	0,055	0,062	0,025	40%
E	0,150	0,060	0,015	0,055	0,040	0,125	0,070	0,040	0,069	0,046	66%

TIPO DE SUBSTRATO:

A – ARGAMASSA PADRÃO

B – ARGAMASSA COM APLICAÇÃO DE SILICATO DE SÓDIO POR MEIO DE PINTURA

C – ARGAMASSA COM APLICAÇÃO DE SILICATO DE SÓDIO ASPERGIDO

D – ARGAMASSA COM APLICAÇÃO DE FLUORSILICATO DE MAGNÉSIO POR MEIO DE PINTURA

E – ARGAMASSA COM APLICAÇÃO DE FLUORSILICATO DE MAGNÉSIO ASPERGIDO

De acordo com o item 5.7.2 da NBR 13749 (ABNT, 1996), quanto à aderência, um revestimento externo em argamassa será aceito somente se, para cada grupo de seis ensaios realizados (com idade igual ou superior a 28 dias) pelo menos quatro valores forem iguais ou superiores a 0,3 MPa. De acordo com a Tabela 14, concluí-se que todos os resultados estiveram muito abaixo do limite imposto pela norma, por se tratar de uma argamassa muito “pobre”. Ainda assim, comparando os valores das médias obtidas para cada painel ensaiado, é possível afirmar que em todos os painéis que receberam a aplicação de endurecedor de superfície houve ganho de resistência de aderência à tração de pelo menos 14% em relação à argamassa padrão, conforme indica a Tabela 15.

Tabela 15 – Tabela comparativa dos sistemas de endurecedores superficiais em relação à argamassa padrão.

SUBSTRATO ENSAIADO	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO MÉDIA (MPa)	GANHO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO
ARGAMASSA PADRÃO	0,017	0%
ARGAMASSA COM APLICAÇÃO DE SILICATO DE SÓDIO POR MEIO DE PINTURA	0,019	14%
ARGAMASSA COM APLICAÇÃO DE SILICATO DE SÓDIO POR MEIO DE ASPERSÃO	0,073	329%
ARGAMASSA COM APLICAÇÃO DE FLUORSILICATO DE MAGNÉSIO POR MEIO DE PINTURA	0,062	268%
ARGAMASSA COM APLICAÇÃO DE FLUORSILICATO DE MAGNÉSIO POR MEIO DE ASPERSÃO	0,069	309%

A Tabela 15 também evidencia que o endurecedor de superfície a base de silicato de sódio aplicado por meio de pintura teve o melhor desempenho, chegando a um ganho de resistência de 329% em relação à argamassa padrão.

Na Figura 9, o gráfico realizado a partir das resistências de aderência a tração médias, mostra a relação de desempenho, entre os diferentes produtos e sistemas de aplicação utilizados.

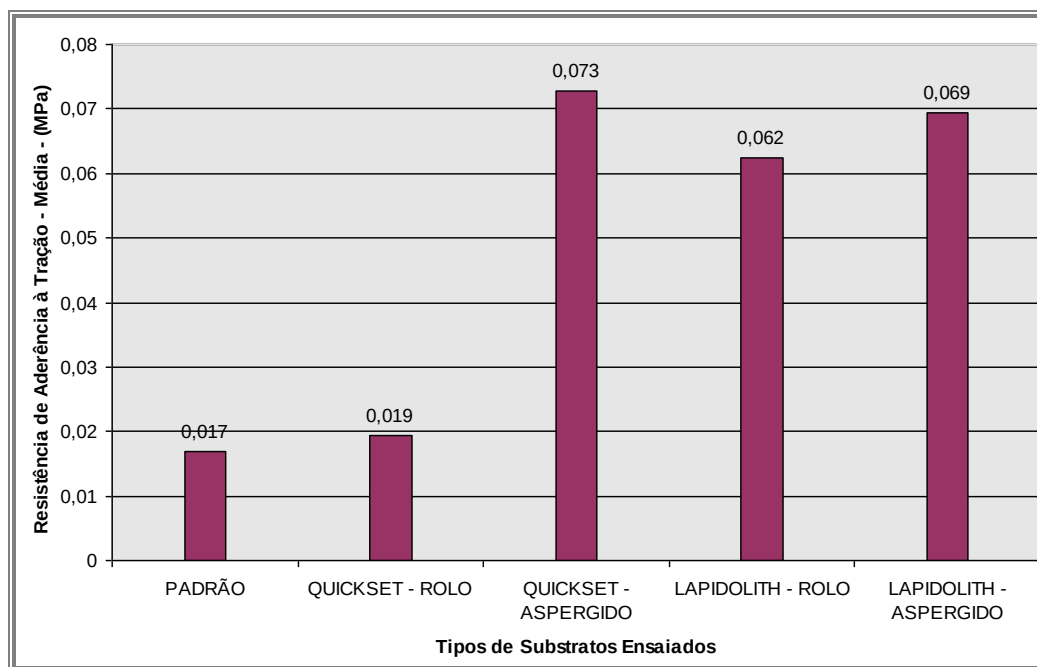


Figura 9 – Gráfico dos tipos de substratos ensaiados x média das resistências de aderência à tração.

Na Tabela 16, foram avaliados os produtos aplicados quanto aos diferentes sistemas de aplicação utilizados.

Na avaliação do produto à base de silicato de sódio, observa-se que no sistema de aplicação por aspersão, utilizando um espargidor do tipo agrícola, o desempenho do produto, quanto à resistência à tração, foi 73% maior que no sistema de aplicação por pintura, utilizando rolo de espuma.

Na avaliação do produto à base de fluorsilicato de magnésio, observa-se que no sistema de aplicação por aspersão, utilizando um espargidor do tipo agrícola, o desempenho do produto, quanto à resistência à tração, foi 10% maior que no sistema de aplicação por pintura, utilizando rolo de espuma.

Tabela 16 – Tabela de avaliação dos produtos quanto aos diferentes sistemas de aplicação.

AVALIAÇÃO DO PRODUTO QUANTO AO SISTEMA DE APLICAÇÃO			
PRODUTO	SISTEMA DE APLICAÇÃO	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO (MPa) - MÉDIA	RELAÇÃO DE GANHO DE RESISTÊNCIA
SILICATO DE SÓDIO	PINTURA	0,019	73%
	ASPERSÃO	0,073	
FLUORSILICATO DE MAGNÉSIO	PINTURA	0,062	10%
	ASPERSÃO	0,069	

Na Tabela 17, foram avaliados os sistema de aplicação quanto aos diferentes produtos utilizados.

Na avaliação da aplicação através de pintura, utilizando rolo de espuma, observa-se que o sistema que utilizou produto à base de fluorsilicato de magnésio teve desempenho, quanto à resistência à tração, 69% melhor do que no sistema que utilizou produto à base de silicato de sódio.

Na avaliação da aplicação através de aspersão, utilizando um espargidor do tipo agrícola, observa-se que o sistema que utilizou produto à base de silicato de sódio teve desempenho, quanto à resistência à tração, 5% melhor do que no sistema que utilizou produto à base de fluorsilicato de sódio.

Tabela 17 – Tabela de avaliação do sistema de aplicação quanto aos diferentes produtos utilizados.

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE APLICAÇÃO QUANTO AOS PRODUTOS UTILIZADOS			
SISTEMA DE APLICAÇÃO	PRODUTO	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO (MPa) - MÉDIA	RELAÇÃO DE GANHO DE RESISTÊNCIA
PINTURA	SILICATO DE SÓDIO	0,019	69%
	FLUORSILICATO DE MAGNÉSIO	0,062	
ASPERSÃO	SILICATO DE SÓDIO	0,073	5%
	FLUORSILICATO DE MAGNÉSIO	0,069	

O presente capítulo apresentou as análises feitas através dos resultados dos ensaios. No próximo capítulo serão tecidas as principais considerações finais do trabalho e sugestões para o aprimoramento do mesmo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No presente capítulo serão expostas as considerações finais que a realização do programa experimental nos proporcionou, além de sugestões para futuros trabalhos, como aperfeiçoamento deste.

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que foram atingidos os objetivos pré-estabelecidos no início deste trabalho e corroborou-se a hipótese de que com a aplicação do endurecedor de superfície haveria um aumento na resistência de aderência à tração da argamassa de emboço, o que pode melhorar o sistema de revestimento cerâmico como um todo.

Além disso, pode-se observar que:

- a) no sistema de aplicação utilizando aspersão, os dois produtos tiveram desempenhos similares, sendo que o produto à base de silicato de sódio mostrou ganho de 5% de resistência de aderência à tração em relação ao fluorsilicato de magnésio;
- b) no sistema de aplicação utilizando rolo de espuma por meio de pintura, o produto à base de fluorsilicato de magnésio teve melhor desempenho que o silicato de sódio, quanto à resistência de aderência à tração;
- c) o sistema utilizando aplicação por meio de aspersão mostrou-se melhor do que o sistema utilizando aplicação por meio de pintura em ambos os tipos de produto aplicado;
- d) o manuseio do produto à base de silicato de sódio é mais simples, pelo fato de não necessitar de diluição em água, diminuindo a ocorrência de erros na sua aplicação;
- e) a argamassa utilizada apresentou realmente um traço muito “pobre”, atingido baixíssimos valores de resistência de aderência à tração, mesmo após a aplicação dos endurecedores de superfície, o que pode ter interferido na análise dos resultados obtidos na resistência de aderência a tração;
- f) na avaliação dos resultados do ensaio de resistência de aderência à tração do painel 2 com aplicação do endurecedor à base de silicato de sódio aplicado por meio de pintura, acredita-se ter havido alguma anormalidade durante a aplicação do produto ou durante o ensaio de arrancamento;

- g) mesmo que os resultados dos ensaios de aderência à tração não tenham atendido as especificações mínimas previstas em norma, em todos os sistemas de endurecedores superficiais, apresentaram ganho de resistência de aderência à tração semelhante, exceto painel 2, independente da forma de aplicação;
- h) o sistema de aplicação de endurecedor de superfície, com o objetivo de aumentar a resistência de aderência à tração, não funciona em substratos antigos, isto é, sobre argamassas com superfície carbonatada, haja vista que nesta camada superficial o gás carbônico já reagiu com o hidróxido de cálcio disponível.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A fim de aperfeiçoar o programa experimental realizado neste trabalho, sugere-se para futuros trabalhos:

- a) executar uma argamassa de emboço com um traço um pouco melhor, a fim de obter uma resistência de aderência um pouco abaixo do imposto pela norma, para verificar se os percentuais de ganho de resistência de aderência a tração dos produtos melhoram;
- b) considerar mais variáveis que podem interferir no desempenho do endurecedor de superfície tais como a composição da argamassa de emboço (podem ser utilizados diferentes tipos de traço), as diferentes técnicas de desempenamento (com mais ou menos água) e de cura;
- c) avaliar o desempenho dos endurecedores de superfície em relação a resistência de aderência superficial;
- d) utilizar consumo dos endurecedores de superfície distintos do sugerido pelos fabricantes para a aplicação em pisos de concreto;
- e) abordar os endurecedores de superfície quanto à aderência com argamassas colantes para assentamento de peças cerâmicas, no caso de aplicação em argamassas de emboço de base para revestimentos cerâmicos;
- f) estudar a aplicação de endurecedores de superfície em revestimentos de argamassa pulverulenta com acabamento em pintura.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7200 – Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento.** Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 9935 – Agregados: terminologia.** Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 11560 – Água destinada ao amassamento do concreto – Qualidade e controle.** Rio de Janeiro, 1990.

_____. **NBR 13277 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água.** Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13281 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13528 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 13529 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas.** Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 13749 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação.** Rio de Janeiro, 1996.

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

_____. **NBR 13817 – Placas Cerâmicas para Revestimentos - Classificação.** Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 13818 – Placas Cerâmicas para Revestimentos – Especificação e Métodos de Ensaio.** Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 14081 – Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica - Especificação.** Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 14992 – Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas – Requisitos e Métodos de ensaios.** Rio de Janeiro, 2003.

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. **BT 106: Guia Básico de utilização do cimento Portland.** Disponível em <http://www.abcp.org.br>. Acesso em: 05/08/2010 às 16 horas.

ABPC - Associação Brasileira de Produtores de Cal. **A Cal e suas aplicações.** Disponível em <http://www.abpc.org.br>. Acesso em: 05/08/2010 às 16 horas.

AGUIAR, J.; TAVARES, M.; MENDONÇA, I.; VEIGA, M. R. **Consolidação de revestimentos exteriores de edifícios antigos.** Reflexões para um plano de estudos. Relatório. LNEC, Lisboa. Set. 2001

ALVES, A. S. **Estudo da propriedade resistência superficial em revestimentos de argamassa.** 159f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

ALVES, José Dáico. **Materiais de Construção.** 8ª Ed. Goiânia: UFG, 2006.

ARAUJO, RODRIGUES, FREITAS. **Materiais de Construção - Aglomerantes.** Disponível em <http://www.ufrj.br/institutos/it/dau/profs/edmund/Aglomerantes.pdf>. Acesso em: 05/08/2010 às 17 horas.

AZEREDO, H. A. **O Edifício e Seu Acabamento.** São Paulo: Edgard Blücher, 1987.

BAÍIA, L. L. M.; SABBATINI, F. H. **Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa.** São Paulo: O Nome da Rosa, 2000.

BAUER, L.A. Falcão. **Materiais de Construção.** 5ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

BAUER, E. **Revestimentos de Argamassa: Características e Peculiaridades.** São Paulo, 2005.

BAUER, R.J.F., PAULON, V.A, TOKUDOME, S., SANTOS, F.B. **Influência dos endurecedores de superfície sobre a resistência ao desgaste por abrasão.** Belo Horizonte, MG 2002 In: REIBRAC, 44, 17 a 22 ago, 2002.

BSI – BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **Wall and floor tiling Part 2: Code of practice for the design and installation of external ceramic wall tiling and mosaics.** London, BSI, 1991. BS 5385 Part 2.

CANDIA, M. C. **Contribuição ao estudo das técnicas de preparo da base no desempenho dos revestimentos de argamassa,** Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

CARASEK, Helena. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo, IBRACON, 2007.

CARVALHO JÚNIOR, A. N. **Avaliação da aderência dos revestimentos argamassados: uma contribuição à identificação do sistema de aderência mecânico.** 2005. 331 f. Tese de Doutorado apresentado ao curso de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas - Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

CCB - Centro Cerâmico do Brasil. **Manual de Assentamento de Revestimento Cerâmico: Paredes Internas.** Disponível em http://www.ccb.org.br/assentamento/manual_pinternas.pdf
Acesso em: 05/08/2010 às 17 horas.

FERES, J. P. L. (2004) **Estudo da argamassa de rejuntamento: Análise crítica da norma NBR 14992/2003 A. R. Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placa cerâmicas – Requisitos e Métodos de ensaio.** 114f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

FIORITO, Antônio J. S. I. **Manual de Argamassas e Revestimentos.** 1ª Ed. São Paulo, PINI, 2003.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** Sao Paulo: Atlas, 1996.

KIHARA, Y.; CENTURIONE, S. L. **O cimento Portland.** In: CONCRETO: Ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005

LEITNER, H. **L' uso dei silicate nella conservazione della pittumurale dal ponto di vista del restauratore.** In: Silicate nella conservazione: indagini, esperienze e valutazione per il consolidamento dei manufatti storici. Fondazione per l'è biotecnologie. Torino (1996)

LOLLI, L.; NASSETTI, G.; MARINO, L. F. B. **A preparação a seco de massa cerâmicas.** Cerâmica Industrial, vol. 5, nº 2, 2000.

NEVES, Célia M.M. **Placas cerâmicas para revestimento.** Disponível em http://www.abcp.org.br/comunidades/salvador/ciclo3/htms/download/08_Placa_Ceramica.pdf
Acesso em: 05/08/2010 às 18 horas.

MACIEL, L.L.; BARROS, M.M.S.B.; SABBATINI, F.H. **Recomendações Para a Execução de Revestimentos de Argamassa Para Paredes de Vedação Internas e Exteriores e Tetos,** São Paulo, 1998.

MEDEIROS, Jonas S. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios.** 458f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

METHA, P.K., MONTEIRO, P.J.M. **Concreto – estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: Pini, 1994.

PAES, I.N.L.; BAUER, E.; CARASEK, H. **Revestimento em argamassa: Influência do substrato no transporte e fixação de água, nos momentos iniciais pós-aplicação.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 5º, São Paulo, 11 a 13 de junho de 2003. **Anais.** São Paulo, EPUSP-PCC/ANTAC, 2003.

PEZZATO, L. M. **Patologias no sistema revestimento cerâmico: um estudo de caso em fachadas.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

SABBATINI, F.H., BARROS, M. B. **Revestimentos cerâmicos de paredes – Conceitos básicos,** São Paulo: EPUSP/CPqDCC, 1990 (Relatório técnico R6-06/90).

SILVA, Moema Ribas. **Materiais de Construção.** 2ª Ed. São Paulo, PINI, 1991.

SBRIGHI, C. **Agregados para concreto**. In: CONCRETO: Ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005

TAVARES, M. V.; AGUIAR, J.; VEIGA, R. **Uma metodologia de estudo para conservação de rebocos antigos – o restauro através da técnica de consolidação**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 6, 2005. Florianópolis. Anais...Florianópolis: ANTAC, 2005.

TAVARES, M. V.; VEIGA, M. R.; FRAGATA, A. **Conservation of old renderings – the consolidation of renderings with loss of cohesion**. In: Revista Associação Portuguesa para conservação. Lisboa, Portugal, Maio 2009.

TEMOCHE-ESQUIVEL, J. F. et al. **Avaliação da influencia das condições de execução do emboco na resistência de aderência do revestimento cerâmico externo**. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, VI., 2005. Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, 2005.

VILLEGAS, R. **Metodologia para la evaluación y estudio previo de tratamientos**. In: Metodologia de diagnósticos y evaluación de tratamiento para la conservación de los edificios históricos. Ed. R. Villegas Sánchez, E. Sebastián Pardo. Instituto Andaluz del Patrimônio Histórico, Sevilla, Espana (2003)

WIECNEWSKI, L. C. **Apostila, Disciplina: Qualidade das Argamassas – Composição do Sistema de Revestimentos**. Curitiba: CEFET, 2006.

YAZIGI, Walid. **A Técnica de Edificar**, Walid Yazigi. 7ª Ed. São Paulo, PINI, 2006.

7 APÊNDICE

Tabela 7A – Resultado do ensaio de resistência de aderência à tração na argamassa padrão.

SUBSTRATO ENSAIADO: ARGAMASSA PADRÃO									
DATA DO ENSAIO: 05/11/2010				IDADE DO REVESTIMENTO: 57 DIAS					
CP Nº	CARGA (N)	SECÇÃO (mm²)	TENSÃO (MPa)	FORMA DE RUPTURA (%)					
				SUB	SUB / CHAP	CHAP	CHAP / ARG	ARG	ESP. DO REV. (mm)
1	39	1962,5	0,020				3%	97%	17
2	0	1962,5	0					100%	16
3	9	1962,5	0,005					100%	13
4	39	1962,5	0,020					100%	18
5	0	1962,5	0					100%	14
6	59	1962,5	0,030					100%	15
7	20	1962,5	0,010					100%	15
8	30	1962,5	0,015					100%	10
9	9	1962,5	0,005					100%	11
10	20	1962,5	0,010					100%	13
11	39	1962,5	0,020					100%	15
12	20	1962,5	0,010					100%	14

Tabela 7B – Resultado do ensaio de resistência de aderência à tração na argamassa com aplicação de silicato de sódio por meio de pintura.

SUBSTRATO ENSAIADO: ARGAMASSA COM APLICAÇÃO DE SILICATO DE SÓDIO POR MEIO DE PINTURA									
DATA DO ENSAIO: 05/11/2010				IDADE DO REVESTIMENTO: 57 DIAS					
CP Nº	CARGA (N)	SECÇÃO (mm²)	TENSÃO (MPa)	FORMA DE RUPTURA (%)					
				SUB	SUB / CHAP	CHAP	CHAP / ARG	ARG	ESP. DO REV. (mm)
1	39	1962,5	0,020					100%	17
2	98	1962,5	0,050			100%			27
3	39	1962,5	0,020					100%	21
4	10	1962,5	0,005					100%	19
5	39	1962,5	0,020					100%	7
6	10	1962,5	0,005					100%	23
7	59	1962,5	0,030					100%	14
8	49	1962,5	0,025					100%	16
9	20	1962,5	0,010					100%	18
10	29	1962,5	0,015					100%	22
11	20	1962,5	0,010					100%	15
12	29	1962,5	0,015			100%			2

Tabela 7C – Resultado do ensaio de resistência de aderência à tração na argamassa com aplicação de silicato de sódio por meio de aspersão.

SUBSTRATO ENSAIADO: ARGAMASSA COM APLICAÇÃO DE SILICATO DE SÓDIO POR MEIO DE ASPERSÃO									
DATA DO ENSAIO: 05/11/2010				IDADE DO REVESTIMENTO: 57 DIAS					
CP Nº	CARGA (N)	SECÇÃO (mm²)	TENSÃO (MPa)	FORMA DE RUPTURA (%)					
				SUB	SUB / CHAP	CHAP	CHAP / ARG	ARG	ESP. DO REV. (mm)
1	49	1962,5	0,025					100%	8
2	39	1962,5	0,020					100%	9
3	20	1962,5	0,010					100%	16
4	0	1962,5	0					100%	10
5	304	1962,5	0,155					100%	12
6	201	1962,5	0,102					100%	26
7	147	1962,5	0,075					100%	10
8	117	1962,5	0,060					100%	11
9	127	1962,5	0,065					100%	12
10	20	1962,5	0,010					100%	14
11	79	1962,5	0,040					100%	9
12	118	1962,5	0,060					100%	10

Tabela 7D – Resultado do ensaio de resistência de aderência à tração na argamassa com aplicação de fluorsilicato de magnésio por meio de pintura.

SUBSTRATO ENSAIADO: ARGAMASSA COM APLICAÇÃO DE FLUORSILICATO DE MAGNÉSIO POR MEIO DE PINTURA									
DATA DO ENSAIO: 05/11/2010				IDADE DO REVESTIMENTO: 57 DIAS					
CP Nº	CARGA (N)	SECÇÃO (mm²)	TENSÃO (MPa)	FORMA DE RUPTURA (%)					
				SUB	SUB / CHAP	CHAP	CHAP / ARG	ARG	ESP. DO REV. (mm)
1	98	1962,5	0,050					100%	10
2	0	1962,5	0				3%	97%	15
3	0	1962,5	0					100%	8
4	0	1962,5	0				2%	98%	18
5	206	1962,5	0,105					100%	11
6	147	1962,5	0,075					100%	16
7	0	1962,5	0			100%			21
8	39	1962,5	0,020					100%	16
9	98	1962,5	0,050					100%	14
10	137	1962,5	0,070					100%	15
11	147	1962,5	0,075					100%	18
12	108	1962,5	0,055					100%	20

Tabela 7E – Resultado do ensaio de resistência de aderência à tração na argamassa com aplicação de fluorsilicato de magnésio por meio de aspersão.

SUBSTRATO ENSAIADO: ARGAMASSA COM APLICAÇÃO DE FLUORSILICATO DE MAGNÉSIO POR MEIO DE ASPERSÃO									
DATA DO ENSAIO: 05/11/2010				IDADE DO REVESTIMENTO: 57 DIAS					
CP Nº	CARGA (N)	SECÇÃO (mm²)	TENSÃO (MPa)	FORMA DE RUPTURA (%)					
				SUB	SUB / CHAP	CHAP	CHAP / ARG	ARG	ESP. DO REV. (mm)
1	98	1962,5	0					100%	10
2	0	1962,5	0			100%			15
3	0	1962,5	0			100%			8
4	0	1962,5	0					100%	18
5	206	1962,5	0,150					100%	11
6	147	1962,5	0,060					100%	16
7	0	1962,5	0,015					100%	21
8	39	1962,5	0,055					100%	16
9	98	1962,5	0,040					100%	14
10	137	1962,5	0,125					100%	15
11	147	1962,5	0,070					100%	18
12	108	1962,5	0,040					100%	20

FICHA TÉCNICA DO ENDURECEDOR DE SUPERFÍCIE – BASE FLUORSILICATO DE MAGNÉSIO – LAPIDOLITH (BASF)



LAPIDOLITH®

Líquido endurecedor de superfície e anti pó para concreto.

DESCRIÇÃO DO PRODUTO

LAPIDOLITH® é um líquido endurecedor e antipó para superfícies de concreto, à base de fluossilicato de magnésio. LAPIDOLITH forma uma ligação química com a superfície do concreto proporcionando uma perfeita aderência.

PROPRIEDADES E BENEFÍCIOS

LAPIDOLITH® confere ao concreto as seguintes qualidades especiais:

Estado Fresco	Estado Endurecido
-100% reativo com a cal livre de concreto;	- Reforça e endurece os pisos porosos, de rápida absorção e de dureza moderada; - Une firmemente as partículas de cimento, areia e agregados; - Os pisos desempenados (com acabadora mecânica) tratados com LAPIDOLITH® apresentam, por efeito do tráfego sobre eles, um acabamento polido notável; - Compatível com a maioria dos adesivos resilientes. - Ideal para superfícies de concreto envelhecidas; - Produz uma superfície respirável e compacta aumentando a resistência à abrasão em torno de 20 a 30%; - Melhora a resistência à maioria dos ácidos, álcalis, produtos químicos orgânicos e inorgânicos, óleos e graxas; - Dificulta a penetração superficial de pó, óleo, graxa e outros agentes manchadores; - Reduz custos de limpeza e manutenção; - Entre todos os líquidos endurecedores, LAPIDOLITH® é o que melhor desempenho apresenta quanto à melhoria de resistência a abrasão

CAMPOS DE APLICAÇÃO

- Pisos novos como promotor de aumento da dureza superficial
- Pisos velhos que estejam soltando pó
- Pavimentos e pisos de concreto em indústrias, escolas, armazéns, hospitais, centros de distribuição, frigoríficos, indústria de bebidas,
- Oficinas, garagens, hangar de aviões etc.;
- Edifícios utilitários, públicos e residenciais;
- Sobre revestimentos de pisos tipo terrazzo;
- Pisos monolíticos ou revestimentos de camada dupla em pisos de granilite, concreto novo e antigo.

MODO DE UTILIZAÇÃO / APLICAÇÃO

PREPARO DA SUPERFÍCIE:

A superfície deverá estar limpa, seca, isenta de qualquer partícula de pó, óleo, graxa, selantes, composto de cura e desmoldantes e qualquer outro material estranho ou carbonatação.

Para concreto novo é recomendado que a superfície esteja totalmente seca e curada por no mínimo 10 dias. Os melhores resultados são obtidos com a cura contínua durante 28 dias.

APLICAÇÃO

O LAPIDOLITH® pode ser aplicado com rolo, pulverizador, trincha ou rodo. Distribua-o uniformemente e enxugue o excesso de solução ou poças formadas. A efervescência indica que o produto está penetrando no concreto. Geralmente são necessárias duas aplicações de LAPIDOLITH sobre pisos de concreto e granilite (terrazzo). Pisos acabados com desempenadeira de madeira, superfície escovada (broom-finished) ou porosa podem requerer uma terceira aplicação, feita de maneira enérgica (full strength).

SUBSTRATO DE CONCRETO: Após a primeira aplicação, deixar o piso secar até não mais estar visivelmente úmido. Se houver formação de cristais durante a segunda aplicação, o aplicador deverá enxaguar a superfície com água limpa, e de preferência quente, em abundância. Ao mesmo tempo, o piso deverá ser rapidamente escovado com uma escova de cerdas duras. O excesso de água poderá então ser retirado (puxado com rodo) e a superfície deixada secar.

SUBSTRATO DE CONCRETO POLIDO: Para obter uma superfície polida fazer 3 aplicações de LAPIDOLITH®. A primeira diluída em água, sendo 4 parte de água para 1 de LAPIDOLITH, a segunda 3 para 1 e a terceira 2 para 1. Fazer cada aplicação com 4,9 a 7,35 m²/l. Quando a última aplicação estiver secando, esperar até constatar aparência uniforme de cristais brancos. Saturar o piso com água limpa e polir com uma politriz comercial usando o disco 3M Black Pad ou abrasivo similar. Continue a polir o piso até que este atinja um brilho tipo pátina ou polido e que tenha desaparecida a brancura.

OBSERVAÇÕES: As recomendações acima se referem a pisos compactos e acabados com acabadora mecânica. Concreto mais antigo ou mais poroso pode requerer menos diluição ou um consumo menor, ou mais que 3 aplicações.

Ambientes eventualmente úmidos ou oleosos ficarão mais escorregadios com este tratamento superficial.

SUBSTRATO DE GRANILITE: A primeira aplicação não deve ser deixada secar. Enquanto a superfície ainda estiver úmida, enxaguá-la bem com água limpa e quente em abundância e deixá-la secar até que não mais se apresente visualmente úmida. Para a segunda aplicação, seguir os mesmos procedimentos, porém enxugar a água de lavagem em excesso e deixar a superfície secar.

O desenvolvimento de cristais brancos após a primeira ou segunda aplicação significa que foi usada uma mistura muito rica ou que a superfície atingiu dureza máxima. Se isto ocorrer, as aplicações deverão ser interrompidas e a superfície enxaguada com água limpa e quente, escovadas com uma escova de cerdas rígidas e deixada secar. Se ainda ficar qualquer vestígio de aplicação, a diluição poderá ser aumentada, a fim de evitar maiores problemas. Caso surjam problemas de cristais brancos, consultar o departamento técnico da BASF.

CONSUMO

Tipo de superfície	Rendimento (m ² /L)	nº de aplicações	Diluição (Água : Lapidol.)	Relação de proporção
Pisos levemente ou moderadamente	2,5	2	1:1 na primeira	1,17

Desempenhados			1:2 na segunda	
Pisos de alta solicitação mecânica ou bem desempenhados	Entre 2,5 e 7,5	2	3:1 na primeira 1:2 na segunda	0,92
Pisos de acabamento rústico.	2,5	2	1:1 na primeira 1:2 na segunda	1,17
Granilite	7,5	2	3:1 em cada	0,50
Concreto polido	Entre 5,0 e 7,5	3	4:1 na primeira 3:1 na segunda 2:1 na terceira	0,78

Para se estimar o consumo de LAPIDOLITH® por m² deve-se dividir a área do piso pelo rendimento constante na tabela acima. O valor obtido deve ser multiplicado pela relação de proporção também constante.

LIMPEZA

As ferramentas e materiais utilizados devem ser limpos com solvente imediatamente após o uso. Após a cura o material somente será removido mecanicamente.

Para maiores dúvidas consultar o manual de aplicação do LAPIDOLITH.

DADOS TÉCNICOS

Função	Endurecedor de superfície de concreto.		
Base Química	Flúorsilicato de magnésio		
Aspecto	Líquido		
Cor	Incolor		
Teste	Método BASF	Especificação	Unidade
Densidade	TM 578B	1,115 a 1,163	g/cm³
Resistência à abrasão (30 minutos)	ASTM C 779	0,7	mm
Concreto sem tratamento		0,06	mm
Concreto tratado com LAPIDOLITH	ASTM C 779	1,1	mm
Resistência à abrasão (60 minutos)		0,27	mm
Concreto sem tratamento			
Concreto tratado com LAPIDOLITH			

EMBALAGEM E ARMAZENAGEM

Embalagem	Balde com 25 kg e tambores com 208 kg
Validade	Validade de 12 meses a partir da data de fabricação, quando respeitadas as condições de armazenagem
Armazenagem	Manter as embalagens fechadas em local coberto, ventilado, seco, longe das intempéries, fontes de calor, alimentos e bebidas. Evitar contato com ácidos e outros oxidantes. Armazenar longe do alcance de crianças.

TRANSPORTE E SEGURANÇA

Transporte	É classificado como transporte perigoso.
------------	--

Manuseio	Utilizar EPI's adequados: luvas e botas impermeáveis, óculos de segurança química. Evitar contato com a pele e olhos; o contato prolongado com a pele pode causar dermatites. Não beber, comer ou fumar durante o manuseio; lavar as mãos antes de uma pausa ou depois do trabalho.
Fogo	Produto corrosivo, não explosivo.
Toxicidade	Produto não considerado tóxico, porém impróprio para o consumo humano.
Segurança	Para mais detalhes, consultar nossa Ficha de Segurança.

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

MANUTENÇÃO

Recomenda-se a varredura e lavagem de rotina do piso com produtos de limpeza e detergentes neutros convencionais para uma máxima vida útil do piso. Remover toda partícula de abrasivo e limpar os derramamentos de produtos corrosivos tão logo quanto possível.

PARA UM MELHOR DESEMPENHO:

- Não aplicar LAPIDOLITH® em pisos que foram previamente selados ou tratados com compostos de cura e desmoldantes, a menos que tais produtos tenham sido química ou mecanicamente removidos.
- LAPIDOLITH® pode ser usado em exteriores; se a superfície tiver sido acabada com acabadora mecânica, a superfície poderá ficar polida com o tráfego e tornar-se escorregadia.
- Não usar o LAPIDOLITH® com concreto, argamassa ou granilite de consistência plástica.
- Não aplicar o produto sobre concreto não curado; o concreto deverá ter recebido cura úmida adequada.
- O LAPIDOLITH® não recupera superfícies com ninhos de concretagem ou estruturalmente ruins.
- Não deixar o LAPIDOLITH® secar em pisos tipo granilite, exceto conforme indicado nas instruções de aplicação.
- Caso a mistura do LAPIDOLITH® seja feita em qualquer recipiente que não o original, usar um balde plástico.

O aplicador não deverá deixar o LAPIDOLITH® entrar em contato com vidro, tecido, metal ou superfícies pintadas. Limpar imediatamente as superfícies contaminadas com um pano limpo umedecido em água, e então completar a limpeza com um segundo pano limpo e seco. Especificar a cura úmida do concreto; quaisquer produtos de cura ou selantes deverão ser removidos antes da aplicação do LAPIDOLITH®.

Quando for necessária a aplicação de um composto de cura sobre o concreto recém-lançado, usar um produto não formador de filme como o KURE-N-HARDEN™. Nenhum outro tipo de composto de cura deverá ser usado com o LAPIDOLITH®. O KURE-N-HARDEN™ não apenas cura, mas também endurece o concreto até certo ponto, consequentemente, será suficiente algo menos que as 2 aplicações recomendadas do LAPIDOLITH® para endurecer suficientemente o concreto. Consultar a seção Aplicação para determinar o número apropriado de aplicações.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Recomendado para uso em todas as classes de pisos de concreto, conforme a Tabela 1.1 do ACI/Standard 302.1R-89.

RESISTÊNCIA QUÍMICA

A BASF recomenda o uso de endurecedores superficiais à base de fluossilicato de magnésio ou zinco para aumentar a resistência do concreto ao ataque dos seguintes produtos químicos:

- Ácido Carbônico,
- Sulfato de Alumínio,
- Cloreto de Amônio,
- Hidróxido de Bário,
- Gordura Animal,
- Hidróxido de Cálcio,
- Nitrato de Cálcio,
- Óleo de Ricino,
- Óleos de Alcatrão de Hulha,
- Óleo de Semente de Algodão,
- Creosoto,
- Cresol,
- Cloreto Férrico,
- Óleo de Peixe,
- Suco de Fruta,
- Glucose,
- Glicerina,
- Sulfeto de Hidrogênio,
- Iodo,
- Ácido Lático, 5% & 25%,
- Soluções de Refino de Chumbo, 10%,
- Óleo de Linhito,
- Óleo de Linhaça,
- Óleo de Máquina,
- Cloreto de Magnésio,
- Esterco,
- Mosto em fermentação,
- Água Residual de mineração,
- Óleo Mineral,
- Melaço,
- Óleo de Mostarda,
- Sulfato de Níquel,
- Sulfato de Magnésio,
- Ácido Oléico, 100%,
- Óleo de Oliva,
- Parafina, Fenol, 5% & 15-25%,
- Ácido Fosfórico, 85%,
- Água de banho para decapagem,
- Óleo de Semente de Papoula,
- Sulfato de Potássio e Alumínio, 10%,
- Carbonato de Potássio,
- Cloreto de Potássio,
- Dicromato de Potássio,
- Sulfato de Potássio,
- Nitrato de Potássio,
- Persulfato de Potássio,
- Óleo de Colza,
- Colofônia (Resina),
- Água do Mar,



The Chemical Company

- Carbonato de Sódio,
- Silagem,
- Brometo de Sódio,
- Carbonato de Sódio,
- Cloreto de Sódio,
- Dicromato de Sódio,
- Nitrito de Sódio,
- Sulfato de Sódio, 10%,
- Sulfito de Sódio,
- Tiosulfato de Sódio,
- Óleo de Soja,
- Açúcar,
- Solução de Sulfito,
- Sebo e Óleo de Sebo,
- Ácido Tânico,
- Solução de Tanino 10%,
- Tabaco,
- Óleo de Nogueira,
- Cloreto de Zinco,
- Sulfato de Zinco.

*Para outros agente químicos, consultar o departamento técnico da BASF.

FICHA TÉCNICA DO ENDURECEDOR DE SUPERFÍCIE – BASE SILICATO DE SÓDIO – QUICKSET (MC BAUCHEMIE)



Quickset

Endurecedor de superfícies

Propriedades

- Aumenta a resistência a abrasão
- Aumenta a dureza superficial
- Evita a formação de pó
- Não é tóxico
- Não necessita de tempo e substrato seco para a aplicação
- Não requer primer ou cura
- Baixo custo de aplicação

Áreas de aplicação

- Pisos Industriais
- Garagens e estacionamentos
- Postos de gasolina

Aplicação

Quickset já vem pronto para o uso e deve ser aplicado diretamente sobre o concreto em uma demão única.

Concretos com até 28 dias de idade

Quickset deve ser aspergido sobre a superfície com um pulverizador (spray) imediatamente após o desempenamento. É importante que o Quickset seja aplicado em toda a superfície logo que a mesma estiver firme o suficiente para permitir o tráfego. Isto assegurará uma cura mais eficiente do concreto. Mantenha toda a superfície úmida por um período de 30 minutos, espalhando o excesso sobre as partes secas ou aspergindo novamente o produto.

Assim que o Quickset comece a secar (aproximadamente 1 hora), umedeça levemente a superfície com água limpa para ajudar a penetração e trazer para a superfície os álcalis do cimento.

Logo que o Quickset comece a secar novamente, lave a superfície com bastante água removendo com um rodo todo o excesso de produto, os álcalis e qualquer material impuro que emergir na superfície, deixando-a superfície totalmente seca.

Concretos com mais de 28 dias de idade

As superfícies a serem tratadas devem estar limpas e livres de sujeira, óleos, produtos de cura, eflorescência, empoçamento de água ou outros materiais estranhos. Concretos novos devem estar curados por no mínimo um mês antes do tratamento.

Aplique Quickset com trincha, escovão de cerdas flexíveis, rodo ou spray. Quando aplicado com rodo, Quickset deve ser espalhado sobre a superfície para que nenhum empoçamento ou excesso de líquido seja visível. Espalhe ou enxugue qualquer empoçamento.

Se o Quickset for aplicado com spray, um espargidor tipo agrícola pode ser usado e o líquido deve ser aplicado de uma maneira uniforme de modo a não ter nenhum empoçamento. Do mesmo modo que a aplicação com rodo qualquer excesso deve ser imediatamente enxugado ou espalhado.

Cura

Normalmente Quickset cura em aproximadamente uma hora. O tempo de cura pode ser influenciado pela temperatura e umidade. Temperaturas mais altas diminuem o tempo de cura enquanto as baixas o aumentam. Recomenda-se um período mínimo de 24 horas antes de se permitir o tráfego sobre a área tratada.

Consumo

O consumo pode variar dependendo das condições da superfície do concreto. Para se determinar o consumo ideal, recomenda-se que seja executada uma área de teste. O consumo estimado é de aproximadamente 300 g/m².

Precaução

Quickset é altamente alcalino e pode causar irritação na pele e olhos. Portanto recomendamos o uso de equipamentos de proteção durante o manuseio e aplicação.

**Dados Técnicos – Quickset**

Característica	Unidade	Valor	Observações
Densidade	g/cm ³	1,15	
Consumo	kg/m ²	0,3	
pH		11 a 12	

Características – Quickset

Tipo de produto	Endurecedor de superfície
Base	Silicato de sódio
Estado	Líquido
Cor	Amarelo
Armazenagem	Armazenar em local seco, coberto e arejado
Validade	12 meses a partir da data de fabricação
Embalagens	Balde de 20 kg Tambor de 230 kg
Descarte	Para a preservação do meio ambiente, favor esvaziar completamente as embalagens

Nota: As informações contidas nesta ficha técnica estão baseadas em nossa experiência e no melhor do nosso conhecimento, porém devem ser ajustada a cada projeto, aplicação e principalmente às condições locais. Nossos dados se referem às práticas aceitas na engenharia que devem ser considerados durante a aplicação. Não nos responsabilizamos por aplicações erradas. Recomendações verbais diferentes das contidas aqui, não são válidas sem a confirmação por escrito da MC-Bauchemie.

Edição 01/2010. Esta ficha técnica substitui a anterior. Caso seja necessária atualização, uma nova edição pode ser impressa em substituição a esta.

FICHA TÉCNICA DA COLA – BASE RESINA DE POLIÉSTER MASSA ADESIVA PLÁSTICA IBERÊ

MASSA ADESIVA PLÁSTICA IBERÊ

COMPOSIÇÃO BÁSICA:

Resina Poliéster, Cargas Minerais e Aditivos.

DESCRIÇÃO:

Produto pastoso, com cheiro característico. Uma vez catalisado, torna-se sólido após alguns minutos, permitindo seu lixamento e acabamento.
Pode ser fornecido nas cores: cinza, preto e branco.

INDICAÇÕES DE USO:

Para reparos em construção civil, marmorarias, fundições, modelagens, vedações e pequenos reparos em chapas metálicas.

PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS:

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	ESPECIFICAÇÃO
Tempo de secagem a 25°C *	Minutos	4 – 7
Tempo de lixamento	Minutos	20 – 30

* 100,0 g de Adesivo Plástico Pastoso
20 gotas de MEK-P

VALIDADE DO PRODUTO:

07 MESES

CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO:

MASSA ADESIVA PLÁSTICA deve ser estocada a temperatura de 25°C, mantido na embalagem original e lacrada e sem a luz solar direta. O armazenamento do produto em condições diferentes acarretará em alterações das propriedades do mesmo, inclusive sua vida útil que é de **7 meses**. A vida útil é reduzida pela metade a cada incremento de 10°C acima de 25°C. Armazenar em local fresco, ventilado, seco e coberto.

Consulte também a **FISPQ** (Ficha de Segurança de Produtos Químicos) para informações de cuidado no manuseio. Estas informações estão disponíveis mediante solicitação.

Qualquer dúvida queira consultar nosso departamento técnico.