

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Willian Leandro Fernandes

**DESEMPENHO MECÂNICO DE REVESTIMENTO INTERNO
DE PAREDE PRODUZIDO COM ARGAMASSA PROJETADA
APLICADO SOBRE BLOCOS CERÂMICOS LISOS**

Porto Alegre
dezembro 2012

WILLIAN LEANDRO FERNANDES

**DESEMPENHO MECÂNICO DE REVESTIMENTO INTERNO
DE PAREDE PRODUZIDO COM ARGAMASSA PROJETADA
APLICADO SOBRE BLOCOS CERÂMICOS LISOS**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientadora: Angela Borges Masuero

Porto Alegre
dezembro 2012

WILLIAN LEANDRO FERNANDES

**DESEMPENHO MECÂNICO DE REVESTIMENTO INTERNO
DE PAREDE PRODUZIDO COM ARGAMASSA PROJETADA
APLICADO SOBRE BLOCOS CERÂMICOS LISOS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 10 de dezembro de 2012

Profa. Angela Borges Masuero
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Angela Borges Masuero
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Lucília Bernardino da Silva
MSc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Patrick Schneider dos Santos
Eng. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho as pessoas mais importantes da
minha vida: meus pais, Cláudio e Sandra, minha irmã,
Patrícia e minha namorada, Gabriela que
sempre me apoiaram.

AGRADECIMENTOS

À Profª Angela, não apenas pela sabedoria e competência com que orientou este trabalho, mas também pela dedicação e conhecimento transmitidos ao longo da graduação.

À Profª Carin, coordenadora da disciplina, pela dedicação, disponibilidade e profissionalismo, sempre muito atenta em suas correções.

Ao pessoal do Norie, Bruno, Isabela e principalmente ao Airton e a Caroline que me orientaram e ajudaram nos ensaios realizados.

À toda equipe da Eixo-M, mas principalmente aos engenheiros, Paulo e João pelo apoio e credibilidade, e ao encarregado de obra, Schneider pela parceria e dedicação ao longo das etapas de preparação do teste de arrancamento.

Aos engenheiros do Banco do Brasil, Marcos e Rodrigo, pela experiência e conhecimentos transmitidos durante minha primeira experiência profissional.

À minha namorada Gabriela, pelo companheirismo, compreensão, carinho e dedicação ao longo desta caminhada.

À minha irmã e amiga Patrícia, pela parceria, paciência, companheirismo e apoio incondicional.

À meus pais Claudio e Sandra, pelas orientações recebidas, pelo carinho e amor dedicados ao longo desses 25 anos.

Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre
ombros de gigantes.

Isaac Newton

RESUMO

O crescimento da construção civil, após décadas de estagnação, tornou evidente um problema antigo: a falta da qualificação da mão de obra presente nos canteiros de obras do País. Com a competitividade em alta entre as construtoras, num período no qual se busca produtividade e qualidade final de seus produtos, faz-se necessário investir em novas tecnologias a fim de buscar a industrialização de processos dentro da construção civil. É nesse contexto que começaram a serem usados os equipamentos de projeção mecânica de argamassa no Brasil, as quais possuem como características exatamente o que o mercado necessita: produtividade e qualidade. Diante dessa realidade do setor da construção, esse trabalho apresenta um estudo sobre o desempenho da argamassa projetada, para revestimento interno de paredes de vedação com blocos cerâmicos lisos. Por tratar-se de um método de execução de revestimento relativamente novo no País, em especial em Porto Alegre, foi realizada uma série de ensaios, com o objetivo de caracterizar a argamassa utilizada neste tipo de projeção, quanto à consistência, retenção de água e densidade de massa e teor de ar incorporado e avaliação de desempenho do revestimento executado, quanto à resistência de aderência à tração e estanqueidade à água. A avaliação de desempenho deu-se em alturas predeterminadas de 0,7 m, 1,40 m e 2,10 m para que pudesse ser analisada também a ocorrência ou não de variação de valores quanto a estes fatores em diferentes alturas do revestimento. No ensaio de resistência de aderência à tração conclui-se que entre as alturas analisadas todas elas obtiveram valores superiores aos limites sugeridos pela Norma correspondente ao ensaio. Observou-se ainda que o revestimento executado a altura de 0,7 m obteve resistência de aderência média, superior em relação às demais, sendo 2,63% em relação às extrações a 1,40 m e 13,15% a 2,10 m. Quanto ao ensaio de permeabilidade, verificou-se absorção inferior no revestimento executado a 0,7 m, sendo essa explicada provavelmente pelo grau de saturação mais elevado, se comparado com o presente em faixas de revestimento em maiores alturas. As comparações realizadas, quanto aos valores obtidos no ensaio, mostram que, dentre os trabalhos avaliados, o trabalho do autor teve menores taxas de absorção ao longo de toda duração do ensaio, o que sinaliza este como sendo um revestimento mais estanque comparado aos demais. Conclui-se então que o revestimento executado com argamassa projetada possui desempenho satisfatório quanto às propriedades analisadas.

Palavras-chave: Argamassa Projetada para Revestimento de Parede. Resistência de Aderência de Revestimento de Argamassa. Estanqueidade de revestimentos de argamassa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de relacionamento entre as etapas deste trabalho	16
Figura 2 – Fluxograma de produção da argamassa dosada em obra	19
Figura 3 – Fluxograma de produção da argamassa industrializada	20
Figura 4 – Mecanismo de aderência da argamassa	23
Figura 5 – Perda de aderência por descontinuidade de argamassa	23
Figura 6 – Adesão adequada entre o revestimento e o substrato	25
Figura 7 – Problemas de aderência: (a) devido a baixa porosidade do substrato; (b) capilares sem força de sucção	26
Figura 8 – Problemas de aderência: (a) macroporos; (b) excesso de microporos	26
Figura 9 – Retração na secagem: aparecimento de fissuras na argamassa	30
Figura 10 – Compressor: equipamento utilizado na projeção mecânica	35
Figura 11 – Projetor com recipiente acoplado	36
Figura 12 – Pistola de projeção de argamassa em funcionamento	37
Figura 13 – Argamassadeira e bomba de projeção de argamassa	38
Figura 14 – Medição do espalhamento da argamassa	41
Figura 15 – Determinação da retenção de água	43
Figura 16 – Rasamento da argamassa excedente no recipiente	45
Figura 17 – Distribuição dos corpos de prova ao longo da parede	47
Figura 18 – Equipamento utilizado para executar o corte a seco do revestimento	47
Figura 19 – Detalhe do corte do revestimento	48
Figura 20 – Limpeza das pastilhas	48
Figura 21 – Homogeneização da cola	48
Figura 22 – Aspecto geral	49
Figura 23 – Início da extração dos corpos de prova	49
Figura 24 – Detalhe da fixação do aparelho de tração com 3 pontos de sustentação	50
Figura 25 – Separação dos corpos de prova para identificação dos tipos de ruptura e medir espessura do revestimento	50
Figura 26 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento sem chapisco	51
Figura 27 – Posicionamento do cachimbo na parede: (a) a uma altura de 2,10 m; (b) à altura de 1,40 m	52
Figura 28 – Fixação da massa de calafetar	53
Figura 29 – Fixação do cachimbo	53
Figura 30 – Leituras do cronômetro em t: (a) 5 min; (b) 10 min; (c) 15 min	54

Figura 31 – Dados coletados em ensaio de permeabilidade à água pelo método do cachimbo	66
Figura 32 – Comparação de valores coletados em ensaio de permeabilidade à água	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores limites da resistência de aderência à tração	25
Tabela 2 – Determinação do índice de consistência	55
Tabela 3 – Determinação da retenção de água	57
Tabela 4 – Retenção de água	57
Tabela 5 – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado	59
Tabela 6 – Densidade de massa no estado fresco	60
Tabela 7 – Dados coletados em teste de arrancamento para revestimento interno em h = 0,7 m	61
Tabela 8 – Dados coletados em teste de arrancamento para revestimento interno em h = 1,4 m	62
Tabela 9 – Dados coletados em teste de arrancamento para revestimento interno em h = 2,1 m	63
Tabela 10 – Resistência potencial de aderência à tração	64
Tabela 11 – Permeabilidade à água do revestimento em h = 0,7 m	64
Tabela 12 – Permeabilidade à água do revestimento em h = 1,4 m	65
Tabela 13 – Permeabilidade à água do revestimento em h = 2,1 m	65
Tabela 14 – Resultado do ensaio de permeabilidade pelo método do cachimbo	67
Tabela 15 – Resultado do ensaio de absorção de água pelo método do cachimbo	67
Tabela 16 – Resultado de absorção de água ao longo do tempo	68
Tabela 17 – Comparação dos resultados de absorção de água	68

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	14
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	14
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	14
2.2.1 Objetivo principal	14
2.2.2 Objetivos secundário	14
2.3 DELIMITAÇÕES	14
2.4 LIMITAÇÕES	15
2.5 HIPÓTESE	15
2.6 DELINEAMENTO	15
2.6.1 Pesquisa bibliográfica	16
2.6.2 Realização de ensaios de caracterização da argamassa em laboratório	16
2.6.3 Realização de ensaios do revestimento executado na obra	17
2.6.4 Análise dos resultados	17
2.6.5 Conclusões	17
3 ARGAMASSA: APLICAÇÃO COMO REVESTIMENTO	18
3.1 ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA.....	18
3.2 FUNÇÕES DOS REVESTIMENTOS	21
3.3 ADERÊNCIA DOS REVESTIMENTOS	22
3.3.1 Mecanismos de aderência	22
3.3.1.1 Adesão inicial	22
3.3.1.2 Adesão	24
3.3.1.3 Aderência	24
3.3.4 Influência da interface substrato/revestimento	25
3.4 PROPRIIDADE DOS REVESTIMENTOS	27
3.4.1 Massa específica e teor de ar incorporado	27
3.4.2 Trabalhabilidade	27
3.4.3 Retenção de água	28
3.4.4 Permeabilidade	29
3.4.5 Retração na secagem	29
3.4.6 Capacidade de absorver deformações	31
3.4.7 Resistência mecânica	31
3.4.8.Durabilidade	31

4 SISTEMAS DE PROJEÇÃO DE ARGAMASSA	33
4.1 PROJEÇÃO MANUAL	33
4.2 PROJEÇÃO MECÂNICA	33
4.2.1 Projetor com recipiente acoplado	35
4.2.2 Bomba de projeção	37
5 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO REVESTIMENTO	39
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA	39
5.1.1 Índice de consistência	39
5.1.1.1 Aparelhos e ferramentas	40
5.1.1.2 Ensaio	40
5.1.2 Retenção de água	41
5.1.1.1 Aparelhos e ferramentas	41
5.1.1.2 Ensaio	42
5.1.3 Densidade de massa e teor de ar incorporado	43
5.1.1.1 Aparelhos e ferramentas	43
5.1.1.2 Ensaio	44
5.2 DESEMPENHO DO REVESTIMENTO	45
5.2.1 Resistência de aderência à tração	45
5.2.1.1 Aparelhos e ferramentas	46
5.2.1.2 Ensaio	46
5.2.2 Estanqueidade	51
5.2.2.1 Aparelhos e ferramentas	52
5.2.2.2 Ensaio	52
6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	55
6.1 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA	55
6.1.1 Índice de consistência	55
6.1.2 Retenção de água	56
6.1.3 Densidade de massa e teor de ar incorporado	58
6.2 DESEMPENHO DO REVESTIMENTO	60
6.2.1 Resistência de aderência à tração	60
6.2.2 Estanqueidade	64
7 CONCLUSÕES	70
REFERÊNCIAS	71

1 INTRODUÇÃO

A construção civil, no Brasil, sofre as consequências de mais de três décadas de desaquecimento do setor. O recente crescimento, impulsionado principalmente pela solidificação da economia brasileira, com o conseqüente aumento do poder aquisitivo da população e, ainda, a facilidade para obtenção de financiamento habitacional, multiplicou o volume de obras em andamento no País nestes últimos anos. Fatores como a isenção do imposto sobre produtos industrializados (IPI) para materiais de construção, que foi renovado até dezembro de 2012, a realização da Copa do Mundo, das Olimpíadas e de obras de infraestrutura por todo País, tendem a manter o crescimento do setor nos próximos anos.

A falta de crescimento do setor nas décadas de 80 e 90 atrasou o processo de qualificação profissional dentro dos canteiros de obras e o setor passou mais do que nunca, a absorver a mão de obra desqualificada com o objetivo de baratear o seu produto final. A mão de obra qualificada do setor, que naquele período já era escassa, aos poucos acabou rumando para outros setores que apresentavam elevado crescimento econômico naquela época, como o automobilístico e o de metalurgia que tinham condições de pagar salários mais elevados que os da construção civil.

As disputas cada vez mais acirradas entre construtoras, cronogramas de obras apertados e a necessidade de produzir com velocidade e qualidade ao mesmo tempo, aumentaram na mesma intensidade com que ocorreu o crescimento do setor. Assim, o problema da falta de mão de obra qualificada dentro dos canteiros tornou-se ainda mais evidente. Numa época na qual produção e qualidade, mais do que nunca, precisam caminhar juntas, nada mais natural que se busque a industrialização de processos. A busca incessante a novas tecnologias trouxe ao Brasil nos últimos anos, as bombas de projeção de argamassa, que aliando produtividade e qualidade na execução do revestimento. Com o uso das bombas de projeção obtem-se um revestimento mais homogêneo se comparado com aquele produzido através do método de projeção convencional (ACABAMENTO..., 2010).

Assim, este trabalho tem como objetivo analisar o desempenho do revestimento resultante da aplicação da argamassa com a utilização de projetores mecânicos e propiciar reflexões acerca

do uso da projeção mecânica e suas vantagens e desvantagens se comparados com aquelas obtidas com a utilização do método convencional.

Estrategicamente o trabalho está organizado em sete capítulos, o primeiro deles, a introdução, expõe de uma forma breve e abrangente a atual situação do setor da construção civil assim como os motivos pelos quais se busca a industrialização de processos dentro dos canteiros de obras. O segundo contempla as diretrizes almejadas pelo presente trabalho, bem como os objetivos primários e secundários do mesmo. A revisão bibliográfica, desenvolvida no terceiro capítulo, visa apresentar a argamassa industrializada, as funções e as propriedades esperadas dos revestimentos de argamassa. No quarto capítulo são descritos os sistemas de projeção manual e mecânico da argamassa, o quinto relata sobre os ensaios executados para caracterização da argamassa em laboratório e avaliação do desempenho do revestimento, quanto à aderência e estanqueidade, em obra pelo autor e no sexto são apresentados e analisados os resultados obtidos com a realização dos ensaios. As conclusões do autor estão contempladas no último e sétimo capítulo deste trabalho.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: é possível atingir parâmetros de desempenho, previstos em norma, nos revestimentos de argamassa projetada em bloco cerâmico liso sem o uso de chapisco?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundário e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é a análise do desempenho mecânico e quanto à estanqueidade de revestimentos internos de parede, executados através de projeção mecânica de argamassa industrializada, em parede bloco cerâmico liso, sem a execução de chapisco.

2.2.2 Objetivo secundário

O objetivo secundário deste trabalho é verificar a influência da altura, em relação ao piso, na análise da resistência de aderência à tração.

2.3 DELIMITAÇÕES

São delimitações do trabalho:

- a) os revestimentos internos foram executados com argamassa projetada em paredes de vedação, através da utilização de equipamento de ar comprimido;

- b) o método de projeção mecânica avaliado será com bomba de projeção convencional;
- c) os ensaios de resistência à tração e permeabilidade serão realizados em edificação comercial, de 16 pavimentos, em fase de conclusão, em Porto Alegre;

2.4 LIMITAÇÕES

O trabalho de diplomação limita-se à avaliação do desempenho da argamassa projetada sobre blocos cerâmicos lisos, sem a aplicação de chapisco em revestimento interno.

2.5 HIPÓTESE

A hipótese do trabalho é de que é possível atingir os parâmetros de aderência, estipulados em norma para revestimento interno, e estanqueidade, através da produção do revestimento realizada através de projeção mecânica com bomba de ar comprimido.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado através das etapas apresentadas a seguir que estão representadas na figura 1 e são descritas nos próximos itens:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) realização de ensaios de caracterização da argamassa utilizada – em laboratório;
- c) realização de ensaios no revestimento executado – na obra;
- d) análise dos resultados;
- e) conclusões.

Figura 1 – Diagrama de relacionamento entre as etapas deste trabalho



(fonte: elaborada pelo autor)

2.6.1 Pesquisa bibliográfica

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica detalhada, a fim de obter uma quantidade de informação para um maior conhecimento sobre o assunto, para auxiliar no desenvolvimento do tema proposto e servir como base para chegar às conclusões. Esta pesquisa teve como foco também, a busca de informações sobre argamassa e métodos de projeção, para que além da conclusão desejada, fosse entendida qual a influência de cada um desses componentes no sistema de revestimento como um todo. As conclusões foram tomadas a partir da análise dos requisitos exigíveis na norma técnicas existente, sobre cada um dos itens analisados, e trabalhos acadêmicos realizados sobre o assunto.

2.6.2 Realização de ensaios de caracterização da argamassa em laboratório

Em paralelo a pesquisa bibliográfica, foram realizados ensaios normalizados para fazer a caracterização da argamassa industrializada utilizada na obra. Os ensaios realizados em laboratório, com a argamassa no estado fresco, foram utilizados para determinação:

- a) do índice de consistência;

- b) da retenção de água;
- c) da densidade de massa e teor de ar incorporado.

2.6.3 Realização de ensaios do revestimento executado na obra

Para avaliar parâmetros de desempenho do revestimento de argamassa executado, foram realizados os ensaios de determinação:

- a) da resistência de aderência à tração;
- b) de permeabilidade à água.

2.6.4 Análise dos resultados

Depois da caracterização da argamassa utilizada e realização dos ensaios do revestimento de argamassa executado, foi feita uma análise crítica dos resultados encontrados, comparando-os aos valores admitidos pelas normas vigentes e na ausência destas, a trabalhos científicos apresentados sobre os assuntos analisados.

2.6.5 Conclusões

Por fim, foram apresentadas as conclusões a partir da análise dos resultados obtidos nos ensaios realizados. As conclusões obtidas levaram à resposta da questão de pesquisa.

3 ARGAMASSA: APLICAÇÃO COMO REVESTIMENTO

A NBR 7200 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998) que trata da execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – procedimento, define a argamassa como sendo uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, com ou sem aditivos e adições, com propriedades de aderência e endurecimento. A falta de controle, tanto na etapa de produção da argamassa quanto de execução do revestimento, refletirá na qualidade do sistema como um todo, trazendo manifestações patológicas como fissuras superficiais e até mesmo o descolamento do revestimento.

A seguir são apresentadas a argamassa industrializada, funções, aderência e propriedades dos revestimentos de argamassa.

3.1 ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

Apesar da grande utilização, as argamassas, ainda são caracterizadas pela grande incidência de manifestações patológicas e alto custo quando considerados o tempo despendido com transporte, mão de obra e desperdício de materiais que ocorrem ao longo do ciclo de produção.

Conforme JOBIM et al.¹ (1999 apud AGUIAR, 2004, p. 48), a falta de qualidade dos materiais empregados na produção das argamassas são os principais ocasionadores da ineficiência dos revestimentos, podendo ocasionar perda de material, retrabalho e o aparecimento de manifestações patológicas nos revestimentos de argamassa. Já Silva e Souza (2003, p. 11) ressaltam que a forma com que são recebidos os materiais influencia a disposição do espaço físico do canteiro de obras, que pode acabar determinando a necessidade de transportar os matérias até o local de produção de argamassa, o que acabaria influenciando nas perdas com materiais e operários que farão esse transporte.

¹ JOBIM, M. S. S.; FORMOSO, C. T.; ABITANTE, A. L. R.; **Qualidade dos materiais e componentes da construção civil do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre; SEBRAE-RS, 1999.

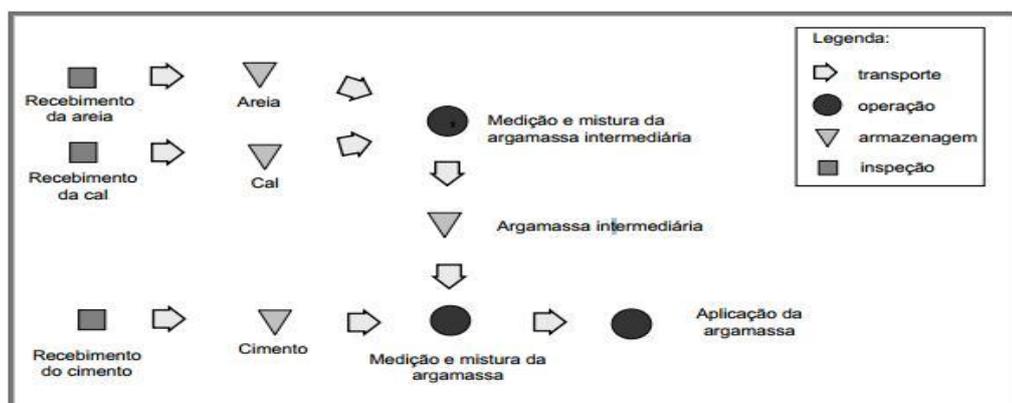
De acordo com Oliveira (2006, p. 11) com o objetivo de minimizar as manifestações e diminuir o custo dos reparos, o setor da construção civil vem, através de constantes aprimoramentos de processos, desenvolvendo uma série de novos materiais e tecnologias, como é o caso das argamassas industrializadas. O mesmo autor diz ainda, que esse tipo de argamassa é destinado aos construtores que buscam e entendem as vantagens de se trabalhar com produtos que foram submetidos a um controle tecnológico eficiente durante as etapas de fabricação. Recena (2007, p. 87), sobre a argamassa industrializada:

Argamassas industrializadas, ou como preferem alguns, - argamassas prontas-, apresentam, como grande e principal vantagem técnica a homogeneidade, tanto no proporcionamento como na qualidade dos insumos empregados. Estas características eliminam a necessidade de correções, adaptações e outras intervenções feitas na obra, em geral sem critério, minimizando a possibilidade de ocorrerem defeitos, principalmente em revestimentos de parede que, infelizmente, é onde esses defeitos ocorrem de forma mais freqüente.

As argamassas industrializadas são provenientes da dosagem controlada em instalações próprias, dos agregados miudos, aglomerantes de origem mineral e, em alguns casos, aditivos e adições em estado seco e homogêneo. A composição desses componentes resulta numa mistura que ao usuário, necessita apenas da adição de água requerida pelo fabricante, para sua utilização, conforme apresenta a NBR 13529 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995).

Nas figuras 2 e 3, são apresentados os fluxogramas, dos processos desenvolvidos até a utilização da argamassa como revestimento, da argamassa dosada em obra e a industrializada respectivamente.

Figura 2 – Fluxograma de produção da argamassa dosada em obra



(fonte: REGGATTIERI; SILVA (2007, p. 3)

Figura 3 – Fluxograma da argamassa industrializada



(fonte: REGGATIERI; SILVA (2007, p. 3)

Como é observado nas figuras acima, os revestimentos produzidos com argamassa industrializada possuem um menor número de processos desenvolvidos dentro do canteiro de obras até a aplicação da argamassa como revestimento. Essa diminuição resulta em redução de tempo perdido com transporte de materiais, menor área para armazenamento de materiais e menor utilização de mão de obra.

Segundo Oliveira (2006, p. 4) pode-se citar como vantagens das argamassas industrializadas:

- a) homogeneidade do traço;
- b) controle tecnológico;
- c) produtos específicos para cada utilização;
- d) redução do risco de patologias;
- e) produtos normalizados;
- f) controle de estoque;
- g) rastreabilidade do produto;
- h) racionalização do canteiro;
- i) diminuição da interferência da mão de obra na qualidade do produto.

A partir do desenvolvimento das argamassas industrializadas, surgiram as argamassas desenvolvidas para cada aplicação. Dentre essas argamassas, pela complexidade dos sistemas de projeção mecânica, desenvolveram-se pesquisas na área a fim de produzir-se uma argamassa com características específicas que não influenciassem na bombeabilidade destas pelas bombas.

As argamassas próprias para projeção, segundo explicam Santos e Ramos (2005, p. 53), necessitam de uma consistência mais fluida, quando comparadas a argamassas utilizadas no sistema convencional, sem que percam a característica de plasticidade de grande importância

no momento da adesão inicial. As principais propriedades a serem observadas são o teor de água que influencia diretamente na adesão inicial da argamassa com o substrato, o tempo de mistura que quanto maior, maior a quantidade de ar na mistura, e as características dos materiais constituintes que tem relação direta na consistência da argamassa.

Segundo Santos² (2003 apud Santos e Ramos, 2005, p. 55)), a consistência é a propriedade relacionada quando se fala em argamassas próprias para projeção. A consistência da argamassa que define aspectos como a sua bombeabilidade.

3.2 FUNÇÕES DOS REVESTIMENTOS

De acordo com Sabbatini e Baía (2000, p. 13-14), em construções convencionais, com estrutura em concreto e vedação em alvenaria, são atribuídas as seguintes funções para o revestimento de argamassa:

- a) proteger o sistema de vedação da ação de agentes agressivos aumentando consequentemente a durabilidade e diminuindo os custos com a manutenção da edificação;
- b) contribuir com funções de desempenho da alvenaria de vedação, melhorando parâmetros como estanqueidade, resistência ao fogo e isolamento termo-acústico;
- c) regularização de superfície para posterior aplicação de outro tipo de revestimento;
- d) contribuir para a estética.

Os mesmos autores salientam ainda, que em casos de utilização de algum outro tipo de revestimento, como pastilhas cerâmicas ou azulejos, por exemplo, o revestimento de argamassa assume funções de substrato. Assim, a argamassa que servirá de base para outro tipo de revestimento, necessariamente precisa compatibilizar as deformações diferenciais entre a base e o revestimento final, pois ela será o seu suporte mecânico.

² SANTOS, C. C. N. **Critérios de projetabilidade para as argamassas industrializadas de revestimento utilizando bomba de argamassa com eixo helicoidal**. 2003. 138 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) — Programa de pós-graduação em Estrutura e Construção Civil, Universidade de Brasília. Brasília. 2003.

3.3 ADERÊNCIA DOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA

De acordo com Gonçalves e Bauer (2005, p. 562), aderência é a propriedade mais importante para avaliar o sistema de revestimento. Segundo Candia³ (1998 apud Moura 2007, p. 24) a aderência que ocorre entre argamassa e substrato, é definida pela combinação das propriedades de aderência à tração da camada de revestimento, da resistência de aderência ao cisalhamento e a extensão de aderência desta ao substrato. Já Santos (2008, p. 19) define a aderência como a propriedade de adesão das argamassas. Essa é influenciada pela condição superficial do substrato, pela composição da argamassa, capacidade de retenção de água e espessura do revestimento executado.

A aderência será analisada, nos próximos itens, conforme a influência dos mecanismos de aderência e influência da interface entre a argamassa e o substrato.

3.3.1 Mecanismos de aderência

Os termos de aderência, para os sistemas de revestimentos à base de argamassa, diferenciam-se em função do momento em que a propriedade é analisada. A seguir, são apresentados os conceitos de adesão inicial, adesão e aderência propriamente dita.

3.3.3.1 Adesão inicial

Adesão inicial é a propriedade que permite que a argamassa permaneça aderida ao substrato imediatamente após sua aplicação, essa resultante, possivelmente das forças de dispersão entre a argamassa recém aplicada e o substrato Santos⁴ (2003 apud PRETTO, 2007, p. 23). Já Paes e Gonçalves (2005, p. 47) quanto à adesão inicial:

A argamassa permanece aderida ao substrato momentaneamente após a aplicação, não significando a completa adesão do sistema a longo prazo, tendo a difusão instantânea e a adsorção de moléculas da argamassa nas paredes dos poros do substrato como mecanismos preponderantes.

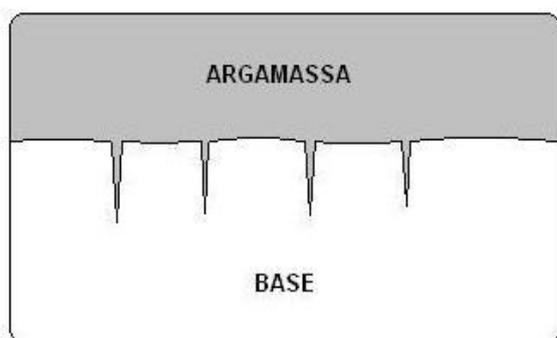
³ CANDIA, M. C. **Contribuição ao estudo das técnicas de preparo da base no desempenho dos revestimentos de argamassa.** 1998. 198 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) —EPUSP, São Paulo, 1998.

⁴ SANTOS, C. C. N. **Critérios de projetabilidade para as argamassas industrializadas de revestimento utilizando bomba de argamassa com eixo helicoidal.** 2003. 138 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) — Programa de pós-graduação em Estrutura e Construção Civil, Universidade de Brasília. Brasília. 2003.

Recena (2007, p. 48-49) prefere denominar este fenômeno, como aderência instantânea, sendo esta a capacidade da argamassa em manter-se aderida à base em um curto espaço de tempo. Afirma, ainda, que a aderência é obtida pelo vácuo criado no processo de deformação no qual a argamassa é submetida quando é projetada sobre o substrato, conforme exemplificado na figura 4.

O mesmo autor, explica como ocorre o desenvolvimento da propriedade entre a argamassa e a base. A força utilizada na projeção da argamassa vai determinar a sua deformação no momento de impacto da mesma sobre o substrato. A seguir, a tendência é de que ocorra um desprendimento da argamassa já que parte da energia de projeção tende a ser dissipada pela reflexão que é impedida pelo vácuo formado pela distensão da argamassa. A argamassa precisa manter-se aderida ao substrato em um tempo suficiente, até que ocorra um equilíbrio da pressão entre argamassa-substrato, para que possa ser iniciado o mecanismo que caracteriza a microaderência. É importante que seja seguida uma linha de produção do revestimento, de forma a evitar a formação de pontos com eventuais falhas por descontinuidade de revestimento, o que certamente resultará em uma redução da aderência deste nestes pontos, conforme apresentado na figura 5.

Figura 4 – Mecanismo de aderência da argamassa



(fonte: MACIEL et al., 1998, p. 4)

Figura 5 – Perda de aderência por descontinuidade de argamassa



(fonte: MACIEL et al., 1998, p. 4)

3.3.3.2 Adesão

A adesão da argamassa ao substrato caracteriza-se pelo processo que ocorre a partir do enrijecimento da argamassa segundo Paes e Gonçalves (2005, p. 47). De acordo com Cortez⁵ (1999 apud PRETTO, 2007, p. 23) a adesão começa a acontecer a partir do momento em que parte da água de amassamento, contendo partículas do aglomerante, penetra nos poros e canais do substrato e dá-se início ao mecanismo de aderência.

Quanto ao desenvolvimento da propriedade ao longo da execução do revestimento, Paes e Gonçalves (2005, p. 47) dizem que:

O processo de enrijecimento da argamassa caracteriza a propriedade, e ocorre durante o período de tempo no qual a argamassa está à espera do sarrafeamento, com a diminuição da plasticidade e o aumento da consistência da mesma.

3.3.3.3 Aderência

De acordo com Sabbatini e Baía (2000, p. 22), aderência é a propriedade que o revestimento tem em permanecer fixo ao substrato, fixação esta a partir da resistência das tensões normais e tangenciais que são formadas na interface base-revestimento. É resultante da resistência de aderência à tração, ao cisalhamento e da extensão da aderência da argamassa. Os fatores que influenciam na aderência da argamassa são: as propriedades da argamassa no estado fresco; os procedimentos de execução do revestimento; a natureza e a característica da base e sua limpeza superficial.

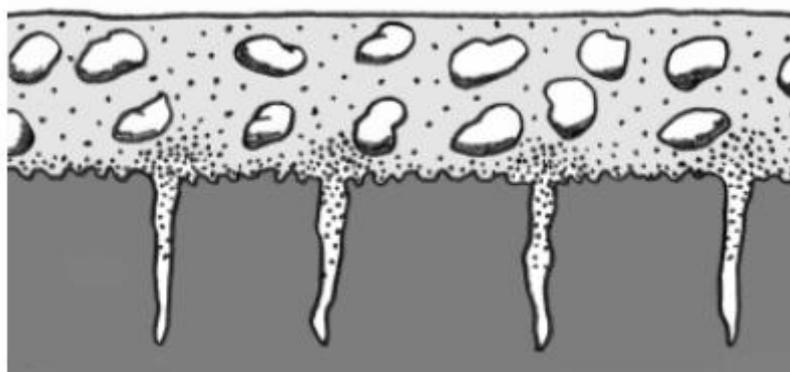
Embora o processo de aderência mecânica seja fundamental, a extensão de aderência é outro fator importante para o seu desenvolvimento. A extensão é a razão entre a área de contato efetivo e a área total entre a argamassa e o substrato. Embora exista a predominância do travamento mecânico nos poros do substrato a aderência acaba sendo formada também pelas forças de ligação presente entre as moléculas mais próximas entre a argamassa e o substrato, conforme mostra a figura 6.

⁵ CORTEZ, I. M. M. **Contribuição ao estudo dos sistemas de revestimento à base de argamassa com a incorporação de fibras sintéticas**. Dissertação (Mestrado em Estruturas) — Programa de pós-graduação em Estrutura, Universidade de Brasília. Brasília. 1999.

Quanto ao desenvolvimento da propriedade durante a execução do revestimento, Paes e Gonçalves (2005, p. 47) explicam ainda que:

A argamassa começa a perder água por evaporação para o ambiente e por sucção para o substrato, durante o processo de corte e sarrafeamento, e daí em diante até o endurecimento completo. Nesse momento, o mecanismo de intertravamento mecânico passa a ser determinante da propriedade.

Figura 6 – Adesão adequada entre o revestimento e o substrato



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002, p. 8CON)

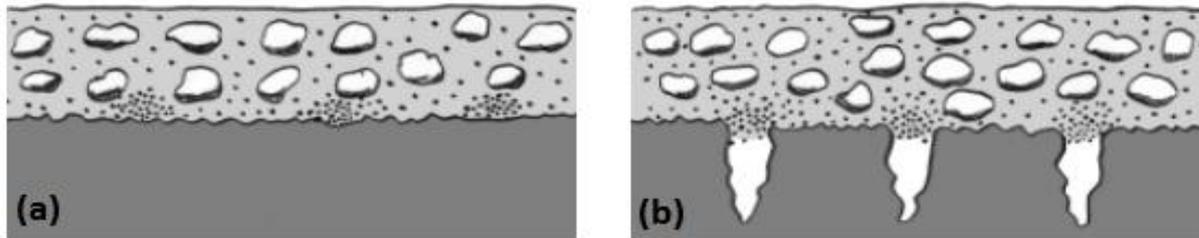
3.3.4 Influência da interface substrato/revestimento

Determinante também na aderência das argamassas é a relação que se estabelece entre esta e o substrato. Embora a adesão inicial no estado fresco e a aderência a partir do endurecimento da argamassa sejam importantes, a forma de interação da interface do substrato, quanto a sua porosidade e rugosidade, são de grande importância para a resistência de aderência do conjunto como um todo.

A capacidade de absorção de água e a rugosidade superficial do substrato são determinados por aspectos como a natureza, distribuição do tamanho e o diâmetro dos poros, sendo esses fatores determinantes para uma maior ou menor extensão de aderência e ancoragem do revestimento. A extensão de aderência pode ser comprometida também, pela presença de barreiras a ancoragem como: poeira, fungos e partículas soltas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002, p. 9CON).

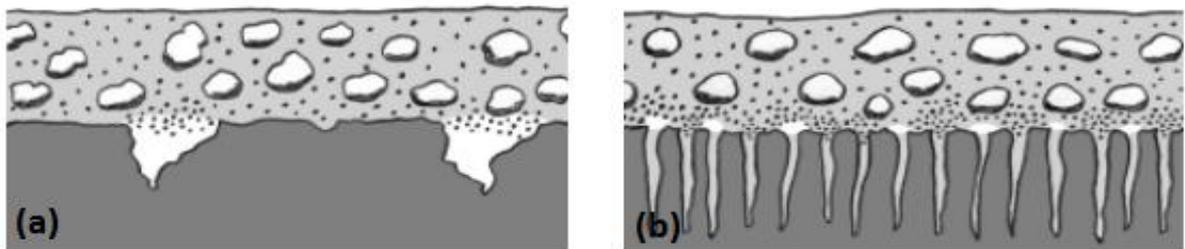
Nas figuras 7 e 8 são apresentados possíveis problemas de aderência entre argamassa e substrato.

Figura 7 – Problemas de aderência: (a) devido à baixa porosidade do substrato
(b) capilares sem força de sucção



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002, p. 9CON)

Figura 8 – Problemas de aderência: (a) existência de macroporos no substrato
(b) excesso de microporos no substrato



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002, p. 9CON)

Com a execução do ensaio de resistência de aderência à tração, através do teste de arrancamento, pode-se medir a resistência de aderência do revestimento. A norma NBR 13749 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996) admite valores limites para o revestimento de argamassa, esses, variam de acordo com o local de aplicação e o tipo de acabamento que será executado posteriormente. Esses valores são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Valores limites da resistência de aderência a tração

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

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996, p. 3)

3.4 PROPRIEDADES DOS REVESTIMENTOS

Para que seja possível satisfazer suas funções, o revestimento de argamassa deve apresentar as propriedades. Essas propriedades serão detalhadas nos próximos itens.

3.4.1 Massa específica e teor de ar incorporado

Conforme Sabbatini e Baía (2000, p. 15-16), massa específica é a relação entre massa e volume do material, podendo ser tratada em termos absolutos, sem considerar os vazios no volume da amostra, ou relativos, que considera os vazios. Entende-se por teor de ar incorporado, a quantidade de ar presente em um determinado volume de argamassa amostrado. Com o intuito de promover uma maior trabalhabilidade à argamassa, podem ser utilizados, de forma criteriosa, aditivos incorporadores de ar, pois uma dosagem equivocada do mesmo pode acabar prejudicando a resistência da argamassa.

3.4.2 Trabalhabilidade

Segundo Recena (2007, p. 37-39), entende-se trabalhabilidade como sendo a facilidade, maior ou menor, de colocar a argamassa na sua posição final. Essa definição sugere que a trabalhabilidade esteja ligada à tarefa a ser realizada. Para o revestimento de paredes, utiliza-se uma argamassa com características de plasticidade elevada, se comparada com aquela usada para o assentamento de blocos, a fim de obter uma aderência instantânea ao substrato e promover um melhor acabamento do revestimento. De acordo com Selmo (1989, p. 50), pode-se definir a trabalhabilidade ideal das argamassas da seguinte maneira:

Diz-se que uma argamassa de revestimento tem boa trabalhabilidade quando se deixa penetrar com facilidade pela colher de pedreiro, sem ser fluida; mantendo-se coesa – sem aderir à colher – ao ser transportada para a desempenadeira e lançada contra a base; e permanece úmida o suficiente para ser espalhada, cortada (operação de sarrafeamento) e ainda receber o tratamento superficial previsto.

A alteração da trabalhabilidade da argamassa está relacionada com a quantidade de água adicionada na sua preparação, desde que exista uma quantidade relativa de aglomerante com o objetivo de reter essa água, assegurando assim a coesão da argamassa e a estabilidade do volume, para que possa ocorrer a aderência instantânea sem que aconteça a separação dos seus constituintes diz Recena (2007, p. 38). Conforme Sabbatini e Baía (2000, p. 16), existem

outras formas de obter uma trabalhabilidade maior das argamassas de revestimento, alguns materiais constituintes das argamassas como a cal e aditivos incorporadores de ar, por exemplo, possuem a capacidade de promover uma alteração nessa propriedade.

3.4.3 Retenção de água

A retentividade geralmente é considerada a propriedade mais importante da argamassa no que diz respeito à aderência. Segundo Recena (2008, p. 44-45), a retenção de água é a capacidade da argamassa de liberar demoradamente a água empregada na sua preparação para o meio ambiente ou para substratos porosos. Já Jaworoski (1990, p. 55) define retenção de água como a capacidade da argamassa em resistir à sucção exercida pelo tijolo quando posta em contato com o mesmo.

Segundo Alves e do Ó (2005, p. 52-53), trata-se da propriedade que determina a capacidade da argamassa de não alterar sua trabalhabilidade, mantendo-se em condições de uso em um adequado período de tempo quando submetida a solicitações que provoquem a perda de água. Esta propriedade influencia diretamente na durabilidade e nos custos de manutenção da edificação.

De acordo com Jaworoski (1990, p. 55), a retenção de água diminui na seguinte ordem: argamassas com aditivos para retenção de água (derivados da celulose); argamassas com aditivos incorporadores de ar; argamassas de cimento com adições; argamassas mistas; argamassas de cimento e areias graxas e argamassas de cimento. A retentividade baixa caracteriza a fácil cessão de água, o que acarretará a hidratação incompleta do cimento e o endurecimento da argamassa antes do desejado, impedindo o correto assentamento da fiada seguinte e prejudicando a aderência entre esta interface. A alta retenção de água dar-se-á nas argamassas cujos aglomerantes possuem alto grau de finura, como as mistas e de cimento pozolânico.

Entretanto, alerta Recena (2008, p. 44-45) que quanto maior a quantidade de água empregada, maior o volume de água a ser evaporado, gerando retração por maior que seja a capacidade de retenção. Sendo assim, as argamassas mistas de cimento portland e cal, produzidas apenas com areia fina, exigem grau muito elevado de água na sua preparação, razão pela qual dificilmente uma argamassa com estas características deixará de apresentar fissuras. O que ocorre, na verdade, é que a existência de muito ampla superfície de evaporação em relação ao

volume provoca rápida evaporação de água e conseqüente redução de volume ainda com argamassa no estado plástico, momento em que o material ainda não apresenta resistências mecânicas. Desta forma, esses esforços acabam sendo dissipados por rupturas.

Acrescenta Recena (2008, p. 44-45) que se a argamassa apresentar grande capacidade de retenção, o processo de perda de água é lento, ocorrendo então o progressivo ganho de resistência, o que garante a estruturação do material, minimizando a diminuição do volume e a probabilidade de instalação de processos de fissuração.

3.4.4 Permeabilidade

Permeabilidade é a propriedade que vincula a passagem de água, pelos poros ou fissuras, da argamassa. Essa permeabilidade à água torna-se ainda mais facilitada no caso da presença de eventuais fissuras no revestimento.

Maciel et al. (1998, p. 8-9) relaciona a propriedade à passagem de água pelo revestimento, que neste caso é um material poroso e proporciona a passagem de água tanto no estado líquido quanto de vapor. Propriedade relacionada ao conjunto substrato-revestimento.

Sabbatini (1990, p. [13]) trata a permeabilidade da camada de revestimento como de fundamental importância para a estanqueidade do sistema de vedação e o nível de proteção que o revestimento deve oferecer ao substrato, base, contra a ação da chuva ou águas utilizadas durante o processo de lavagem da edificação.

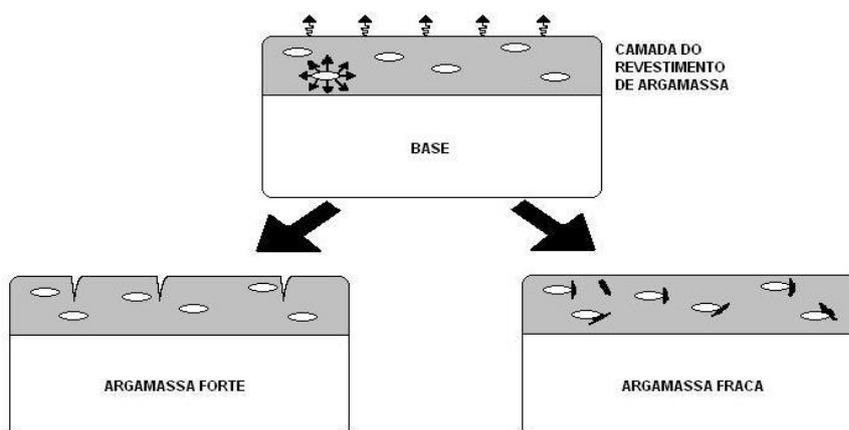
De acordo com Sabbatini e Baía (2000, p. 25), a permeabilidade do revestimento é influenciada por diversos fatores, como: o traço da argamassa, a técnica de execução, espessura da camada, natureza da base e a quantidade e tipos de fissuras existentes. O revestimento necessita ser estanque à água, de forma a conseguir impedir a sua percolação. No entanto, precisa ser permeável ao vapor para favorecer a secagem da umidade de infiltração, ou até da ação do vapor de água, presente principalmente em banheiros.

3.4.5 Retração na secagem

A retração na secagem ocorre devido à rápida perda de água de amassamento, consumida pelas reações na hidratação dos aglomerantes constituintes da argamassa. Por esse motivo,

segundo Santos (2008, p. 21), argamassas ricas em cimento, normalmente apresentam maiores incidências de aparecimento de fissuras nos revestimentos durante o período de secagem, conforme figura 9

Figura 9 – Retração na secagem: aparecimento de fissuras na argamassa



(fonte: MACIEL et al., 1998, p. 5)

Recena (2007, p. 97), considera fissuração a manifestação consequência do processo de retração. Essa segundo Gomes (2008, p.10) permite a penetração da água e o consequente aparecimento de fungos e bolor, podendo, até mesmo, ocasionar o descolamento do revestimento e acabamento. Por isso, a retração, como responsável pela fissuração, apresenta-se como principal causa das manifestações encontradas nos revestimentos.

De acordo com Recena (2007, p. 97), a dosagem de uma argamassa deve ser feita a partir do consumo de água e o objetivo a ser alcançado é obter um material de volume mais estável possível, minimizando a probabilidade de retração. Esta é um fenômeno diretamente ligado ao movimento da água no interior da pasta com a qual foi formada e desta com o exterior. A movimentação de água para o exterior pode ocorrer durante o processo de secagem antes de endurecer, fase plástica, ou posteriormente ao endurecimento.

Quanto a isto, acrescenta Gomes (2008, p.10) que a retração pode ser: plástica, hidráulica e autógena. A primeira ocorre antes do início de pega da pasta de cimento, ocasionada pela evaporação de água. Influenciam sua intensidade: a umidade relativa, a temperatura ambiente, velocidade do ar, localização da área revestida, espessura das camadas e dos elementos constituintes. A segunda ocorre após a pega, ocasionada pela saída de água na fase de endurecimento. Influenciam sua intensidade: dosagem, materiais empregados, condições de

cura e localização do revestimento. Por fim, a retração autógena se dá pelas reações químicas dos aglomerantes, seja do cimento ou da cal, chamadas de retração de hidratação e retratação de carbonatação, respectivamente.

A espessura da argamassa é um fator que deve ser analisado cuidadosamente, segundo os mesmos autores. Revestimentos com espessuras superiores a 25 mm estão mais sujeitos a sofrerem com retração no período de secagem, resultando no aparecimento de fissuras conforme Maciel et al. (1998, p. 5).

3.4.6 Capacidade de absorver deformações

A capacidade de absorver deformações é a propriedade do revestimento de absorver tensões, sem que ocorra o aparecimento de fissuras que possam vir a prejudicar a aderência do revestimento com a base. Segundo Selmo (1989, p. 67), tão logo a argamassa é projetada na parede, pelo efeito de absorção de água capilar da base, inicia-se o processo de movimentação da nata e da água de amassamento para o interior dos poros da base. Também pode ocorrer perda de umidade da argamassa, para o meio ambiente devido a fatores climáticos como vento e temperatura.

3.4.7 Resistência mecânica

Segundo Sabbatini e Baía (2000, p. 24), resistência mecânica é a propriedade dos revestimentos de suportar as ações mecânicas, sejam elas devidas à abrasão superficial, ao impacto a à contração termoigroscópica. A resistência mecânica dos revestimentos depende do consumo e tipo de agregados e aglomerantes utilizados na argamassa, bem como da técnica de execução utilizada. A redução na utilização de agregado na produção da argamassa de revestimento gera um aumento substancial na resistência mecânica da mesma, porém em relação à quantidade de água/cimento, varia inversamente.

3.4.8 Durabilidade

Durabilidade é a propriedade da argamassa que indica sua resistência ao ataque de agentes agressivos, conservando suas características de desempenho ao longo do tempo de uso,

independente de sua utilização conforme Sabbatini e Baía (2000, p. 26). De acordo com os mesmos autores, a durabilidade dos revestimentos de argamassa pode ser influenciada pelos seguintes fatores:

- a) fissuração;
- b) espessura excessiva da camada de revestimento;
- c) qualidade das argamassas;
- d) falta de manutenção.

4 SISTEMAS DE PROJEÇÃO DE ARGAMASSA

A seguir, serão apresentados os métodos de projeção manual (convencional) e mecânica de argamassa.

4.1 PROJEÇÃO MANUAL

De acordo com Santos e Ramos (2005, p. 80), projeção manual, é o método convencional de executar revestimentos de argamassa. Por se tratar de um método que depende, e muito, da habilidade e força aplicada pelo pedreiro para projetar a argamassa na superfície desejada, caracteriza-se por enorme variabilidade de desempenho dos revestimentos executados desta forma. Outro grande problema da projeção convencional é que ainda hoje, em muitos casos, a argamassa utilizada é preparada em obra, onde normalmente o controle na dosagem dos constituintes também não é feito da forma mais precisa.

Os mesmos autores explicam que, no caso da utilização de argamassa industrializada, a quantidade de água adicionada é apenas a necessária para atingir a trabalhabilidade desejada. Em ambos os casos, a massa é transportada do seu local de produção até o de aplicação através de carrinhos de mão ou giricas e projetadas manualmente com a utilização de colher de pedreiro.

4.2 PROJEÇÃO MECÂNICA

A racionalização de serviços, com menores custos de mão de obra e maior controle da produção, é um dos principais desafios da construção civil atualmente. De acordo com Duailibe et al. (2005, p. 508-509) o incentivo à produção de ferramentas, capazes de auxiliar a execução de serviços dentro das obras, está sendo incentivado pelas construtoras com o intuito de otimizar os processos produtivos.

Projeção mecânica é o método que está sendo usado por algumas construtoras com o objetivo de diminuir a interferência da mão de obra, aumentar a produtividade e obter maior qualidade nos revestimentos segundo Silva (2006, p. 36). Outro fator importante da projeção mecânica

Desempenho mecânico de revestimento interno de parede produzido com argamassa projetada aplicado sobre blocos cerâmicos lisos.

dentro das obras é o fato das construtoras estarem buscando formas de industrializar os processos mais rudimentares e tradicionais, pois, além de diminuir os desperdícios de materiais, é possível reduzir os prazos para execução dos serviços.

De acordo com Santos e Ramos (2005, p. 81), no sistema de projeção mecânica, geralmente são utilizadas as argamassas industrializadas, basicamente constituídas de cimento, agregados e aditivos. Os principais equipamentos usados atualmente para projeção mecânica são os projetores com recipiente acoplado e as bombas de argamassa com misturador.

Outro aspecto observado nos revestimentos executados com argamassa projetada é o aumento da resistência de aderência e a diminuição da permeabilidade. Estes fatores, conforme Tamaki (2012, p. 26), ocorrem pela maior compactação da argamassa no substrato, que resulta numa maior extensão de aderência e conseqüentemente numa menor possibilidade de aparecimento de defeitos na interface da argamassa com o substrato.

Segundo Paravisi et al. (2009, p. 62-66), embora a projeção mecânica de argamassa tenha potencial para melhorar a qualidade e produtividade dos revestimentos, a sua simples utilização não garante a confirmação desses benefícios. É necessário que seja realizado um plano de uso dos projetores de argamassa, visando manter em funcionamento o equipamento no maior tempo possível, com o intuito de minimizar os elevados custos de locação.

De acordo com os mesmos autores, quanto à sequência produtiva do revestimento, a utilização de projetores de argamassa não determina grandes mudanças. A base de aplicação do revestimento pode passar por etapas de limpeza e uniformização. A execução do chapisco pode ser manual ou mecânica, e a projeção de argamassa para revestimento é precedida da execução de guias de controle. Após estas etapas preparatórias, o revestimento é aplicado em uma ou mais camadas de argamassa, sarrafeada e desempenada. Apesar da aplicação de argamassa ser mecanizada, é importante que seja seguido um padrão de produção, incluindo aspectos como o controle do ângulo e da distância de aplicação.

Bomba de projeção e o projetor com recipiente acoplado, que estão apresentados nos próximos itens, são os dois modos disponíveis hoje de projeção mecânica de argamassa, cada um com diferentes graus de dificuldade, benefícios e produtividade. A escolha da argamassa utilizada neste tipo de projeção, se preparada em obra ou industrializada, deve considerar as

características próprias do equipamento de projeção escolhido. Em ambos os sistemas de projeção mecânica, é necessário o uso de um compressor, como o apresentado na figura 10.

Figura 10 – Compressor: equipamento utilizado na projeção mecânica



(fonte: foto do autor)

4.2.1 Projektor com recipiente acoplado

Segundo Fernandes e John (2007 p. 4), os projetores a ar comprimido são equipamentos simples, de baixo custo, pois, a argamassa não é bombeada por um mangote, mas colocada diretamente no recipiente nos quais posteriormente, é introduzido o ar comprimido. As principais desvantagens deste tipo de projetor, em comparação à bomba, é o peso do equipamento quando está carregado com argamassa, que pode dificultar a execução do revestimento pelo esforço exigido do operador, e o volume do recipiente, que acaba diminuindo a produtividade do equipamento, pois são necessárias muitas paradas para recarregar o recipiente.

Este equipamento de projeção é composto de um reservatório de ar, compressor que alimenta o recipiente, mangueiras e a caneca de projeção, conforme Duailibe et al. (2005, p. 512). O ar é injetado dentro do recipiente, e a argamassa é projetada a uma distância de aproximadamente 15 cm contra a parede através de orifícios presentes na caneca. A pressão

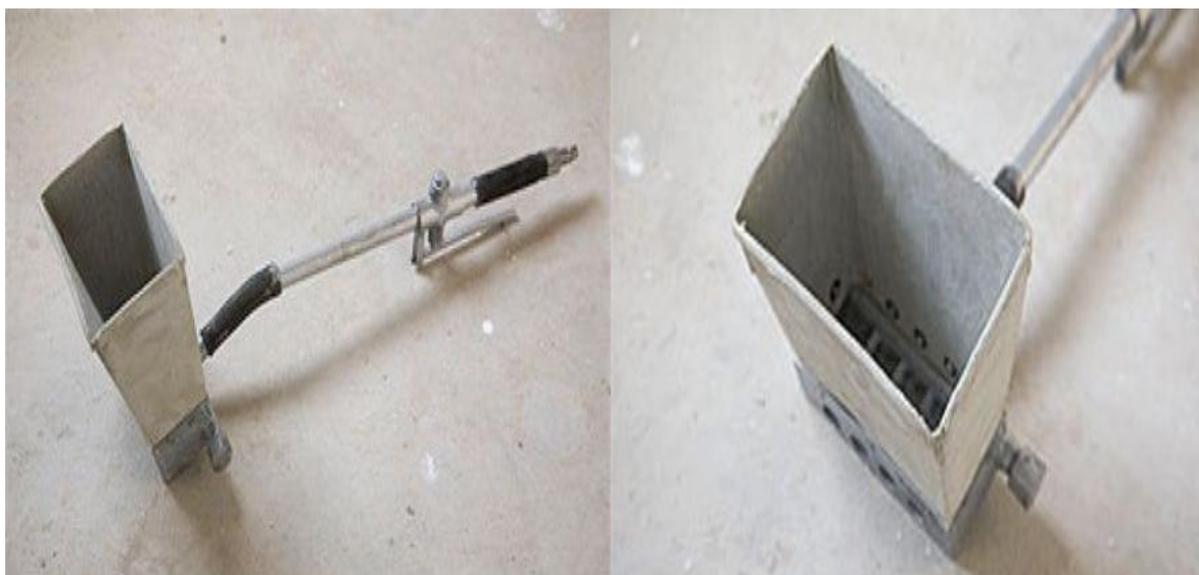
de lançamento é de aproximadamente 7 kg/cm². Já Paravisi et al. (2009, p. 62-66), salientam que um dos fatores importantes neste tipo de equipamento, é a possibilidade da utilização de argamassa dosada em obra ou industrializada.

Quanto ao tipo de argamassa utilizada, Paravisi et al. (2009, p. 62-66), afirmam que, embora neste método de projeção exista a possibilidade de se usar tanto argamassa industrializada quanto a produzida em obra, um fator importante a ser analisado é que ambas precisam ter características de forma a impedir o entupimento do projetor e a reflexão do material. A possibilidade de usar argamassa produzida em obra pode ser uma vantagem desse sistema, porém esta é muito dependente da mão de obra.

A execução de revestimento de argamassa com utilização do projetor com recipiente acoplado apenas mecaniza a etapa de aplicação de argamassa, não alterando o seu fluxo ao longo do processo. As atividades de produção, transporte e estoque podem ser convencionais. O **método da canequinha**, apresentado na figura 11, representa uma melhoria pontual, focada na aplicação de argamassa, conforme analisa Silva (2006, p. 37):

Para aplicar manualmente, o operário tem que ser muito mais qualificado e treinado para o serviço do que fazer a aplicação pela canequinha. A forma de aplicação é dada pelo equipamento. A energia já está dada, e a argamassa já está definida por uma central de produção ou foi comprada.

Figura 11 – Projetor com recipiente acoplado



(fonte: ACABAMENTO..., 2010, p. 38)

4.2.2 Bomba de projeção

Segundo Paravisi et al. (2009, p. 62-66), as bombas de projeção de argamassa são utilizadas no transporte e aplicação mecanizada de argamassa para a produção de revestimento. Neste tipo de projeção mecânica o material sob pressão é bombeado do tanque da bomba até a pistola, mostrada na figura 12, por um mangote, e o compressor de ar projeta a argamassa.

Figura 12 – Pistola de projeção de argamassa em funcionamento



(fonte: foto do autor)

Segundo Tamaki (2012, p. 26), a principal vantagem da bomba, é a possibilidade de um aumento de produtividade, pois neste sistema não existe a necessidade de parada do equipamento para abastecimento. Cita ainda outra vantagem quanto a sua utilização, pela capacidade de transporte da argamassa a locais distantes, não é necessário o uso do elevador da obra, favorecendo assim a questão da logística no canteiro de obras. Concorda Silva (2006, p. 38):

Efetivamente, há um ganho de produtividade com as bombas de argamassa, pois trata-se de um sistema de maior tecnologia. Mas, por ser mais sofisticado, é mais sujeito às condições da obra.

Quanto ao tipo da argamassa para utilização nas bombas, Paravisi et al. (2009, p. 62-66) afirmam que esta precisa de características especiais para evitar o entupimento do mangote. Fatores como a quantidade de ar incorporado e as características dos agregados e da pasta aglomerante são fundamentais para a bombeabilidade da argamassa utilizada nas bombas, por isso é comum as empresas optarem pela utilização da argamassa industrializada, assim, as únicas variáveis a serem controladas são a quantidade de água adicionada e o tempo de mistura.

De acordo com os autores acima, uma das grandes diferenças das bombas, apresentada na figura 13, para o projetor com recipiente acoplado, é o fato de a bomba transportar a argamassa fresca de forma contínua até o local de aplicação, assim, eliminando a dependência de operários para o transporte do material e aumentando a produtividade do sistema.

Figura 13 – Argamassadeira e bomba de projeção de argamassa



(fonte: foto do autor)

5 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO REVESTIMENTO

Este capítulo divide-se em duas partes, na primeira foram apresentados os ensaios realizados para a caracterização da argamassa industrializada e na segunda os ensaios que visam analisar o desempenho do revestimento interno executado.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA

Para a caracterização da argamassa industrializada utilizada, foram realizados em laboratório, ensaios que visaram à determinação do índice de consistência, retenção de água e da densidade de massa e teor de ar incorporado. É relevante salientar, que a avaliação desses parâmetros é fundamental para o melhor funcionamento do sistema como um todo, analisando não só aspectos que buscam a melhor projetabilidade da argamassa, como também, as melhores características desta, visando futuramente uma maior durabilidade do revestimento, minimizando assim o custo com manutenção e evitando o aparecimento de manifestações patológicas futuras.

Os ensaios foram realizados no Laboratório do Norie, do departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do sul. Nos próximos itens serão apresentados os ensaios e os resultados obtidos.

A preparação da argamassa, para execução dos ensaios, segue indicações da NBR 13.276 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a).

Antes do início de cada um dos ensaios, foram medidas a temperatura e a umidade relativa do ar do laboratório. Estando essas dentro dos limites previsto na norma de $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ e $(60\pm 5)\%$, respectivamente, prosseguiu-se com a realização do ensaio.

5.1.1 Índice de consistência

A determinação do índice de consistência foi executado conforme sugere a NBR 13.276 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a), que define o método de

ensaio para o preparo da mistura e determinação do índice de consistência para argamassas de assentamento e revestimento de paredes e tetos.

5.1.1.1 Aparelhos e ferramentas

A seguir são apresentados os aparelhos e ferramentas necessários para a execução do ensaio:

- a) balança aferida;
- b) mesa para índice de consistência;
- c) molde tronco cônico;
- d) soquete metálico;
- e) misturador mecânico;
- f) paquímetro.

5.1.1.2 Ensaio

Primeiramente, o molde do tronco cônico e a mesa para determinação do índice de consistência foram limpos, deixando-os umidificados. O tronco-cônico foi posicionado no centro da mesa e preenchido em três camadas sucessivas, de iguais alturas, aplicando em cada uma 15, 10 e 5 golpes com o soquete e posteriormente feito seu nivelamento com régua metálica. Após a moldagem, retira-se o molde metálico e inicia-se o ensaio propriamente dito, acionando-se a manivela da mesa, deixando-a subir e cair 30 vezes num intervalo de 30s, e imediatamente após a última queda foram realizadas três medidas do espalhamento da argamassa, em pares de pontos, com a utilização do paquímetro.

Figura 14 – Medição do espalhamento da argamassa



(fonte: foto do autor)

5.1.2 Retenção de água

A retenção de água da argamassa analisada foi executada conforme sugere a NBR 13.277 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005b), que define o método de determinação da retenção de água para argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos.

5.1.2.1 Aparelhos e ferramentas

A seguir são apresentados os aparelhos e ferramentas necessários para a execução do ensaio:

- a) funil metálico;
- b) prato metálico perfurado;
- c) bomba de vácuo;
- d) folha de papel-filtro;
- e) soquete metálico;
- f) régua metálica bisotada;
- g) balança analítica aferida;
- h) cronômetro.

5.1.2.2 Ensaio

No ensaio que analisa a capacidade de retenção de água da argamassa foi realizada, inicialmente, a preparação do sistema de filtração com o posicionamento do papel filtro sobre o fundo do prato metálico e com a umidificação do mesmo com o objetivo de promover uma melhor aderência ao prato. Em seguida acionou-se a bomba de vácuo acoplada na mesma altura da torneira de escape do funil, previamente aberta, com sucção equivalente a 51mmHg durante 90 segundos para remover o excesso de água adicionada ao papel filtro. Após concluído o tempo de sucção realizou-se o fechamento da torneira de escape e em seguida foi realizada a pesagem do conjunto de filtragem vazio e registrada sua massa.

Subseqüentemente, preencheu-se o prato com a argamassa ensaiada e com o auxílio do soquete metálico realizou-se o adensamento da mesma através da aplicação de 16 golpes aplicados junto à borda e 21 golpes na área central para distribuição uniforme da argamassa junto ao prato. Com o auxílio de uma régua, de forma a obter uma superfície plana, retirou-se o excesso da argamassa em duas etapas com movimentos do centro para as bordas do prato e logo pesou-se o conjunto com a argamassa registrando-se sua massa.

Com o objetivo de analisar a água retida na argamassa ensaiada, foi novamente aberta a torneira de escape do funil e durante 15 minutos foi acionada a bomba de sucção com a mesma pressão utilizada no início do ensaio. Finalizado o tempo, fechou-se a torneira e registrou-se a massa do conjunto após a sucção.

A figura 15 demonstra o conjunto utilizado para a realização do ensaio descrito no item 6.2.2.

Figura 15 – Determinação da retenção de água



(fonte: foto do autor)

5.1.3 Densidade de massa e teor de ar incorporado

A determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado da argamassa analisada foi executada conforme sugere a NBR 13.278 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005c), que define o método de ensaio para avaliação desses parâmetros em argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos.

5.1.3.1 Aparelhos e ferramentas

A seguir são apresentados os aparelhos e ferramentas e materiais necessários para a execução do ensaio.

- a) balança aferida;
- b) recipiente metálico cilíndrico, com capacidade aproximada de 400cm³;
- c) espátula;

- d) placa de vidro transparente, com seção quadrada de aproximadamente 100cm² e espessura mínima de 3mm.

5.1.3.2 Ensaio

A execução do ensaio de determinação da densidade de massa inicia-se pela calibração do recipiente cilíndrico. Para tanto, realizou-se a pesagem do recipiente cilíndrico vazio com a placa de vidro e registrou-se a massa obtida. Em seguida, preencheu-se o recipiente com água garantindo a ausência de bolhas sob a placa de vidro e novamente registrou-se a massa do sistema com água. Através dos valores obtidos foi possível calcular o volume do recipiente pela fórmula 3.

$$v_r = m_a - m_v \quad (\text{fórmula 3})$$

Onde:

v_r = volume do recipiente, em centímetros cúbicos;

m_a = massa do recipiente com água e com a placa de vidro, em gramas;

m_v = massa do recipiente vazio com a placa de vidro, em gramas;

A segunda parte do ensaio consistiu na preparação da argamassa e inserção do primeiro terço dessa no interior do recipiente cilíndrico calibrado, aplicando-se na mesma, com o auxílio de espátula, 20 leves golpes no intuito de evitar o contato da espátula com o fundo do recipiente promovendo assim seu correto adensamento. De maneira a evitar a presença de vazios entre a argamassa e as paredes do recipiente, foram realizadas três quedas do cilindro com altura de aproximadamente 3 centímetros. Em cada um dos terços restantes foram repetidos os procedimentos executados no primeiro terço da amostra, sendo que, a única diferença consistiu na intensidade da aplicação dos golpes, que nos últimos, foi utilizada apenas a força suficiente para penetrar na camada imediatamente inferior.

Depois de inserido o último terço, golpeado e efetuado as quedas do recipiente foi rasado, com o auxílio de uma espátula, o excesso de argamassa em dois movimentos perpendiculares entre si e com inclinação de 45° em relação à superfície da argamassa. Garantida à ausência de qualquer resíduo aderido a parede externa do recipiente, o mesmo foi então levado para a pesagem e registrado a massa final do cilindro com a argamassa.

A figura 16 demonstra a retirada do excesso de argamassa presente antes da pesagem final.

Figura 16 – Rasamento da argamassa excedente no recipiente



(fonte: foto do autor)

5. 2 DESEMPENHO DO REVESTIMENTO

Para avaliar o revestimento de argamassa executado, foram realizados ensaios para determinar a resistência de aderência à tração, pelo teste de arrancamento, e a estanqueidade do revestimento, pelo método do cachimbo. Nos próximos itens são apresentados esses ensaios.

Os ensaios foram realizados na cidade de Porto Alegre, em obra comercial, em fase de conclusão, de 16 pavimentos e aproximadamente 29.000 m². A argamassa utilizada para a execução dos revestimentos é industrializada e própria para projeção.

5.2.1 Resistência de aderência à tração

A NBR 13528 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010) define o método de ensaio, através do teste de arrancamento, para a determinação da resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa aplicados em obra sobre substratos inorgânicos não metálicos.

O ensaio foi realizado em obra, nas paredes internas do corredor do 4º pavimento, com idade superior a 28 dias após aplicação do revestimento. A seguir serão apresentados os equipamentos, ferramentas e procedimentos para a realização do ensaio.

5.2.1.1 Aparelhos e ferramentas

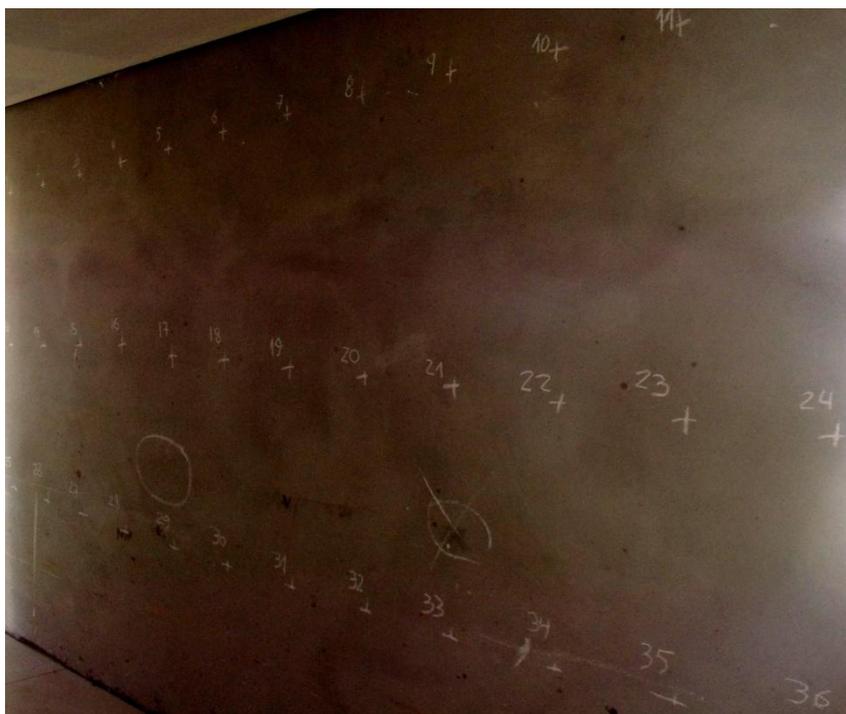
A seguir são apresentados os aparelhos e ferramentas necessários para a execução do ensaio:

- a) dinamômetro de tração que permite a aplicação contínua de carga, dotado de dispositivo para leitura de carga;
- b) pastilha metálica circular, não deformável sob a carga do ensaio, com seção circular de 50 ± 1 mm de diâmetro;
- c) dispositivo de corte, com borda diamantada e dispositivo que garanta a estabilidade do equipamento durante o corte para evitar a danificação do corpo-de-prova;
- d) paquímetro para determinação da espessura do revestimento;
- e) cola à base de resina epóxi, para a colagem da pastilha na superfície do corpo de prova. É recomendada a utilização de resina com alta viscosidade de forma a evitar o escorrimento.

5.2.1.2 Ensaio

O ensaio foi executado com a extração de 36 corpos de prova, portanto atendendo a exigência da norma, que exige um número mínimo de 12 extrações. Como o objetivo do ensaio era além de obter a resistência de aderência do revestimento interno executado, verificar também, a existência de variabilidade de aderência em diferentes alturas de projeção, optou-se pela disposição de 12 corpos de prova em cada uma das alturas pré determinadas de 0,7 m, 1,40 m e 2,10 m. Os pontos de arrancamento foram espaçados entre si, respeitando a distância mínima de 50 mm, conforme determinação da norma, e apresentados na figura 17.

Figura 17 – Distribuição dos corpos de prova ao longo da parede



(fonte: foto do autor)

Posteriormente à distribuição dos corpos de prova, foram executados cortes a seco do revestimento. Seguindo orientações da norma, os cortes foram executados inicialmente em velocidade baixa, sendo aumentada à medida que aumentava a sua profundidade. O corte foi estendido a 2 mm dentro do substrato, conforme apresentado na figuras 18 e 19.

Figura 18 – Equipamento utilizado para executar o corte a seco do revestimento



(fonte: foto do autor)

Figura 19 – Detalhe do corte do revestimento



(fonte: foto do autor)

Posteriormente ao corte do revestimento, tanto a superfície da pastilha metálica quanto a do revestimento onde a pastilha foi colada foram limpas, figura 20, para remoção de resíduos e partículas que poderiam interferir na sua aderência. Quanto à preparação da cola, preparada no momento de sua utilização através da mistura de dois componentes, apresentada na figura 21, é importante que essa esteja bem homogeneizada, para então ser aplicada com a espátula. Cabe salientar que a cola não deve ser preparada para todas as pastilhas, pois seu período de secagem é rápido.

Figura 20 – Limpeza das pastilhas



(fonte: foto do autor)

Figura 21 – Mistura para homogeneização da cola



(fonte: foto do autor)

A espessura da cola não ultrapassou em nenhum dos pontos ensaiados o limite de 5 mm. Na figura 22 é apresentada a parede onde foram extraídos os corpos de prova.

Figura 22 – Aspecto geral



(fonte: foto do autor)

Os corpos de prova, em condição seca, foram extraídos depois de transcorridas aproximadamente 18 horas da aplicação da cola, conforme mostra as figuras 23 e 24.

Figura 23 – Início da extração dos corpos de prova



(fonte: foto do autor)

Desempenho mecânico de revestimento interno de parede produzido com argamassa projetada aplicado sobre blocos cerâmicos lisos.

Figura 24 – Detalhe da fixação do aparelho de tração com 3 pontos de sustentação



(fonte: foto do autor)

Realizadas as extrações, os corpos de prova foram separados para determinação da espessura do revestimento no ponto do ensaio e tipologia das rupturas existentes em cada uma das extrações, conforme figura 25.

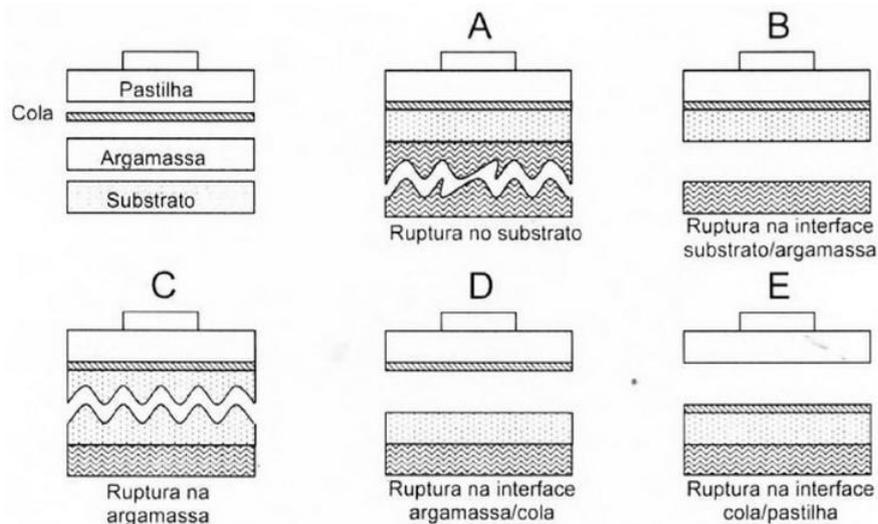
Figura 25 – Separação dos corpos de prova para identificação dos tipos de ruptura e medição da espessura do revestimento



(fonte: foto do autor)

A classificação quanto às formas de ruptura dos corpos de prova foi feita conforme preconizado na norma para um sistema de revestimento sem a execução de chapisco, apresentada na figura 26.

Figura 26 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento sem chapisco



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 9)

5.2.2 Estanqueidade

Segundo Dias e Carasek (2003, p. 543) grande parte do surgimento de manifestações patológicas em revestimentos de argamassa, que acabam por causar a sua deteriorização, está ligada ao aparecimento de umidade. Sabendo disso, um dos principais parâmetros a serem avaliados nos revestimentos, é a estanqueidade das superfícies verticais, ou seja, a resistência do sistema de revestimento quanto à permeabilidade a água.

É nesse sentido, que buscaram-se métodos capazes de avaliar, de forma comparativa, a permeabilidade à água do revestimento executado. Pela dificuldade de executar ensaios mais complexos, em pleno andamento da obra, optou-se pela utilização do Método do Cachimbo, proposto pelo *Centre Scientifique et Technique de la Construction* – CSTC e pela *Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions* - RILEM.

A estanqueidade do revestimento, avaliada através do método do cachimbo, consiste basicamente em que a água presente dentro do cachimbo exerce uma pressão de 92mm de coluna de água em uma área circular de 5,31 cm², borda inferior do cachimbo, no revestimento. A pressão citada acima equivale a uma ação do vento com velocidade aproximada de 140 km/h.

O ensaio foi realizado em obra, nas paredes internas do corredor do térreo, com idade superior a 28 dias após aplicação do revestimento. A seguir serão apresentados os equipamentos, ferramentas e procedimentos para a realização do ensaio.

5.2.2.1 Aparelhos e ferramentas

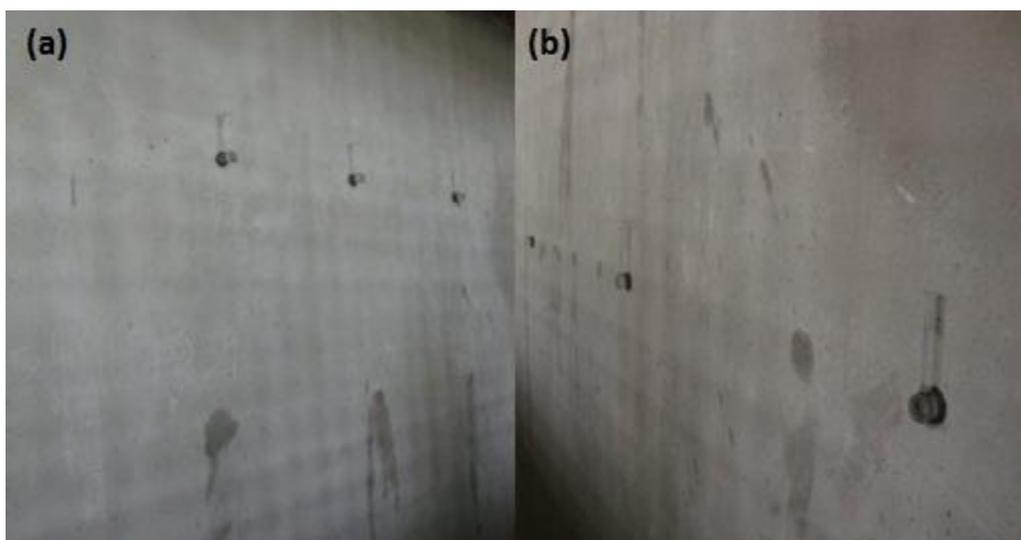
A seguir são apresentados os aparelhos e ferramentas necessários para a execução do ensaio:

- a) dosador;
- b) massa de calafetar;
- c) cachimbo de vidro;
- d) cronômetro.

5.2.2.2 Ensaio

Primeiramente a parede que foi ensaiada foi limpa, através de escovação, para evitar que partículas de sujeira presentes pudessem interferir na aderência do conjunto, cachimbo e massa de calafetar, ao revestimento. A permeabilidade foi avaliada em faixas predefinidas, nas mesmas alturas nas quais foram realizados os ensaios de aderência. A figura 27 apresenta a distribuição dos cachimbos nas alturas de 1,40 m e 2,10 m.

Figura 21 – Posicionamento do cachimbo na parede: (a) $h = 1,40$ m; (b) $h = 2,10$ m



(fonte: foto do autor)

O procedimento para a fixação do cachimbo no revestimento constitui-se basicamente na modelagem de uma pequena porção de massa de calafetar e envolvendo-a na borda do cachimbo, e pressionando-o contra o revestimento, conforme mostram as figuras 28 e 29 respectivamente.

Figura 28 – Fixação da massa de calafetar



(fonte: foto do autor)

Figura 29 – Fixação do cachimbo



(fonte: foto do autor)

Após a certificação de que o cachimbo estava perfeitamente aderido e, vedada a interface cachimbo/revestimento, sem nenhum ponto de fuga visível de água, com a utilização de dispositivo dosador o mesmo foi enchido até sua referência de nível zero, quando o cronômetro foi disparado. Conforme orientações deste ensaio foram realizadas leituras do cronômetro em instantes de tempo 0, 5, 10 e 15 min, apresentadas na figura 30, ou até atingir a marca de 4 cm³, conforme orientações do CSTC.

Figura 30 – Leituras do cronômetro em $t = 5, 10$ e 15 min.

(fonte: foto do autor)

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Primeiramente serão apresentados e analisados os resultados obtidos para caracterização da argamassa utilizada e posteriormente aqueles alcançados através dos ensaios para avaliação do desempenho do revestimento executado com argamassa projetada.

6.1 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA

A argamassa industrializada utilizada, para a execução do revestimento interno em argamassa projetada, foi caracterizada conforme orientações da NBR 13.281 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005d), que especifica os requisitos exigíveis para as argamassas utilizadas para assentamento e revestimento de paredes e tetos. Neste item serão analisados os resultados obtidos nos ensaios para determinação do índice de consistência, retenção de água e densidade de massa e teor de ar incorporado.

6.1.1 Índice de consistência

Os resultados obtidos no ensaio de determinação do índice de consistência são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Determinação do índice de consistência

Ensaio: Determinação do índice de consistência	
Local: Laboratório do Norie	Data: 31/10/2012
Temperatura: 22,7C	Umidade relativa do ar: 65%
Dados	
Medida 1	25,0cm
Medida 2	25,2cm
Medida 3	24,8cm

(fonte: elaborado pelo autor)

Embora a norma oriente, não foi necessário o arredondamento, pois a média das três medições definiram o índice de consistência da argamassa analisada em 250 mm.

O ensaio de determinação do índice de consistência não recebe classificação, pois não existem valores de referência para tanto. No entanto, foi possível observar que a argamassa analisada, que apresenta o IC de 250mm, possui uma boa trabalhabilidade.

6.1.2 Retenção de água

Abaixo, é apresentada a fórmula 1, utilizada para obtenção a retenção de água (Ra) da argamassa analisada.

$$Ra = \left| 1 - \frac{(m_a - m_s)}{AF(m_a - m_v)} \right| \cdot 100 \quad (\text{fórmula 1})$$

Onde:

Ra = Retenção de água, em porcentagem;

m_a = massa do conjunto com argamassa, em gramas;

m_s = massa do conjunto após a sucção, em gramas;

m_v = massa do conjunto vazio, em gramas;

AF = fator água/argamassa fresca.

Sendo que AF é dado pela formula 2:

$$AF = \frac{m_w}{m + m_w} \quad (\text{fórmula 2})$$

Onde:

m_w = massa total de água acrescentada à mistura, em gramas;

m = massa de argamassa industrializada, em gramas.

Os valores obtidos com o ensaio são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Determinação da retenção de água

Ensaio: Determinação da retenção de água	
Local: Laboratório do Norie	Data: 31/10/2012
Temperatura: 23,5C	Umidade relativa do ar: 62%
Dados	
$m_a = 2138,2g$	
$m_s = 2127,8g$	
$m_v = 1026,2g$	
$m_w = 410g$	
$m = 2000g$	

(fonte: elaborado pelo autor)

A retenção de água da argamassa analisada é de 94,5% no entanto, conforme arredondamento sugerido em norma, a retenção de água é de 95%.

Os requisitos estabelecidos para a classificação das argamassas quanto à retenção de água são apresentados na tabela 4 apresentada abaixo.

Tabela 4 – Retenção de água

Classe	Retenção de água %	Método de ensaio
U1	≤ 78	ABNT NBR 13277
U2	72 a 85	
U3	80 a 90	
U4	86 a 94	
U5	91 a 97	
U6	95 a 100	

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 4)

A argamassa obteve, conforme ensaio realizado e apresentado no item 5.1.2 deste trabalho apresentou uma capacidade de retenção de água de 95%. Este valor a classifica como uma argamassa de classe **U5**, quanto à propriedade analisada.

6.1.3 Densidade de massa e teor de ar incorporado

Abaixo, é apresentado o cálculo, conforme a fórmula 3, realizado para se obter a densidade de massa da argamassa analisada.

$$d = \frac{m_c - m_v}{v_r} \cdot 1000 \quad (\text{fórmula 3})$$

Onde:

d = densidade de massa, em quilogramas por metro cúbico;

m_c = massa do recipiente contendo a argamassa de ensaio, em gramas;

m_v = massa do recipiente vazio, em gramas;

v_r = volume do recipiente, em centímetros cúbicos.

Para o cálculo do teor de ar incorporado na argamassa, foi utilizada a fórmula 4.

$$AI = 100 \left(1 - \frac{d}{d_t} \right) \quad (\text{fórmula 4})$$

Onde:

AI = teor de ar incorporado, em porcentagem;

d = densidade de massa da argamassa, em gramas por centímetro cúbico;

d_t = densidade de massa teórica da argamassa, em gramas por centímetro cúbico.

Como a argamassa utilizada é do tipo industrializada, o cálculo da densidade de massa teórica é dado pela fórmula 5.

$$d_t = \frac{m_s + m_{\text{água}}}{\frac{m_s}{\gamma_s} + m_{\text{água}}} \quad (\text{fórmula 5})$$

Onde:

m_s = massa da argamassa anidra, em gramas;

$m_{\text{água}}$ = massa de água que compõe a argamassa fresca;

γ_s = massa específica da argamassa anidra.

Os valores obtidos com o ensaio de densidade de massa e teor de ar incorporado são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Densidade de massa e teor de ar incorporado

Ensaio: Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado	
Local: Laboratório do Norie	Data: 31/10/2012
Temperatura: 23,1C	Umidade relativa do ar: 63%
Dados	
$m_c = 1509,1g$	
$m_v = 641,4g$	
$v_r = 481g$	
$m_s = 2000g$	
$m_{\text{água}} = 410g$	
$\gamma_s = 2,739g/cm^3$	

(fonte: elaborado pelo autor)

A densidade de massa da argamassa analisada é de $1803,45kg/m^3$, no entanto, conforme arredondamento sugerido em norma, esse valor passa a ser de $1804kg/m^3$. O teor de ar incorporado é de 14,63%.

Os requisitos estabelecidos em norma para a classificação das argamassas quanto à densidade de massa no estado fresco são apresentados na tabela 6, apresentada a seguir. No ensaio proposto pela NBR 13278 (ABNT, 2005c) é calculado também o teor de ar incorporado, no entanto, não recebe requisitos de classificação pela norma.

Tabela 6 – Densidade de massa no estado fresco

Classe	Densidade de massa no estado fresco kg/m ³	Método de ensaio
D1	≤ 1400	ABNT NBR 13278
D2	1200 a 1600	
D3	1400 a 1800	
D4	1600 a 2000	
D5	1800 a 2200	
D6	> 2000	

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 4)

De acordo com o ensaio realizado e apresentado no item 5.1.3 deste trabalho, o resultado obtido para a densidade de massa no estado fresco da argamassa analisada é de 1804kg/m³. Este valor a classifica como uma argamassa de classe **D4**, quando ao parâmetro analisado.

6.2 DESEMPENHO DO REVESTIMENTO

A seguir são apresentados os resultados obtidos com a realização dos ensaios de avaliação do desempenho do revestimento executado quanto à resistência de aderência a tração pelo teste de arrancamento e estanqueidade pelo método do cachimbo.

6.2.1 Resistência de aderência à tração

Neste ensaio buscou-se a avaliação do desempenho, quanto à aderência, do revestimento interno executado, no entanto, verificou-se também a existência ou não de variabilidade de aderência em revestimentos executados em diferentes alturas com argamassa projetada.

No caso estudado, execução de revestimento interno sobre alvenaria de vedação, sem a aplicação de chapisco rolado, que receberá pintura como acabamento final, são esperados valores maiores ou iguais a 0,2MPa em pelo menos 8 dentre 12 extrações. As normas correspondentes a este ensaio são a NBR 13281 (ABNT, 2005d) que apresenta os requisitos para a caracterização da resistência potencial de aderência, a NBR 13.749 (ABNT, 1996) que orienta quanto aos valores limites de resistência de aderência à tração e a NBR 13.528 (ABNT, 2010) que trata dos procedimentos do ensaio para a determinação da resistência de aderência.

Os dados obtidos nos ensaios foram separados e apresentados em tabelas para cada altura de revestimento analisada para uma melhor visualização e posterior análise dos resultados. A seguir são apresentadas as tabelas 7 a 9 para corpos de prova retirados a 0,7 m, 1,4 m e 2,1 m de altura respectivamente.

Tabela 7 – Dados coletados em teste de arrancamento para revestimento interno em h = 0,7 m

	Corpo de prova	Tensão (MPa)	Média	Espessura do revestimento (mm)	Forma de ruptura (%)				
					(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
h = 0,7m	25	0,48	0,38	17,0		50	50		
	26	0,32		17,5		40	60		
	27	0,58		18,0		60	40		
	28	0,47		18,0			100		
	29	0,37		18,0		10	90		
	30	1,00*		19,0		60	40		
	31	0,41		20,0			100		
	32	0,41		16,0			100		
	33	0,21		18,0			100		
	34	0,36		20,0			100		
	35	0,24		20,5			100		
	36	0,34		16,0			100		

(fonte: elaborado pelo autor)

Analisando-se a tabela 7, onde são apresentados os valores obtidos nos corpos de prova extraídos a uma altura de 0,7 m, observa-se um valor discrepante, corpo de prova número 30, quando comparado aos das demais extrações. Como esse valor ultrapassou o limite dado pela média + 2 desvio padrão, esse valor é considerado um valor espúrio. Nesta tabela observa-se ainda que, todas as extrações atendem aos valores mínimos exigidos mesmo que os corpos de prova número 33 e 35 se aproximam da resistência mínima admitida dada pela Norma. Portanto, para esta situação as condições previstas em norma são atendidas.

As formas de ruptura observada nas extrações acima foram: (b) na interface substrato/argamassa e (c) ruptura na argamassa.

Tabela 8 – Dados coletados em teste de arrancamento para revestimento interno em h = 1,4 m

	Corpo de prova	Tensão (MPa)	Média	Espessura do revestimento (mm)	Forma de ruptura (%)				
					(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
h = 1,40m	13	0,19	0,37	17,0		20	80		
	14	-		20,0			100		
	15	0,30		20,0			100		
	16	0,46		20,0			100		
	17	0,47		17,5			100		
	18	0,40		18,0		100			
	19	0,31		19,0			100		
	20	0,27		19,0			100		
	21	0,49		17,5			100		
	22	0,34		17,0			100		
	23	0,32		16,5		10	90		
	24	0,46		17,5		20	80		

(fonte: elaborado pelo autor)

Analisando-se a tabela 8, na qual são apresentados os valores obtidos nos corpos de prova extraídos a uma altura de 1,4 m, observa-se que a extração do corpo de prova número 14 não recebe valor, pois rompeu com o peso do aparelho, e que o corpo de prova número 13 possui limite inferior a àquele admitido pela norma. Considerando-se que 10 dentre 12 exemplares apresentam valores acima do mínimo admitido, o revestimento satisfaz as condições necessárias para sua utilização.

As formas de ruptura observada nas extrações acima foram: (b) na interface substrato/argamassa e (c) ruptura na argamassa.

Tabela 9 – Dados coletados em teste de arrancamento para revestimento interno em h = 2.1 m

	Corpo de prova	Tensão (MPa)	Média	Espessura do revestimento (mm)	Forma de ruptura (%)				
					(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
h = 2,10m	1	0,48	0,33	17,5		10	90		
	2	0,37		16,5			100		
	3	0,53		19,5		10	90		
	4	0,34		20,0			100		
	5	0,43		16,0		30	70		
	6	0,36		18,5		20	80		
	7	0,36		18,0		10	90		
	8	0,21		16,5			100		
	9	0,25		19,5			100		
	10	0,23		21,5		10	90		
	11	0,18		19,0			100		
	12	0,16		19,5			100		

(fonte: elaborado pelo autor)

Analisando-se a tabela 9, onde são apresentados os valores obtidos com as extrações dos corpos de prova a uma altura de 2,1 m, observam-se apenas dois valores inferiores aos admitidos pela norma: dos corpos de prova 11 e 12. Nesse caso, o revestimento satisfaz as condições necessárias para sua utilização, pois possui 10 dentre 12 exemplares com os valores acima do mínimo admitido.

As formas de ruptura observadas nas extrações acima foram: (b) na interface substrato/argamassa e (c) ruptura na argamassa.

Cabe salientar, ao final da análise dos resultados obtidos pelo ensaio de determinação de resistência de aderência à tração, que o revestimento interno executado com argamassa projetada atende às exigências previstas em norma. Outro aspecto importante é que os maiores valores médios de resistência à aderência do ensaio foram observados nos corpos de prova posicionados a uma altura de 0,7 m quando comparados aos valores obtidos nos corpos de prova posicionados a 1,4 m e 2,1 m.

O valor médio de resistência à aderência dentre os valores válidos do ensaio é de 0,36 MPa. A faixa de valores estabelecida em norma para a classificação das argamassas quanto à resistência potencial de aderência a tração é apresentada na tabela 10, apresentada abaixo.

Tabela 10 – Resistência potencial de aderência à tração

Classe	Resistência potencial de aderência à tração MPa	Método de ensaio
A1	< 0,2	ABNT NBR 15258
A2	≥ 0,2	
A3	≥ 0,3	

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 4)

De acordo com o ensaio, apresentado no item 5.2.1 deste trabalho e a comparação de seus resultados finais com a faixa de valores apresentadas acima, classifica-se a argamassa analisada como de classe **A3**, quanto à propriedade analisada.

6.2.2 Estanqueidade

Os dados obtidos nos ensaios foram separados e apresentados em tabelas individuais para cada altura de revestimento analisadas para a melhor visualização e análise dos valores encontrados. A seguir são apresentadas tabelas com os valores obtidos nos ensaios para avaliação de permeabilidade à água, em revestimento interno executados em faixas de 0,7 m, 1,4 m e 2,1 m de altura, respectivamente nas tabelas 11 a 13.

Tabela 11 – Permeabilidade à água do revestimento interno em h = 0,70m - (ml)

		Tempo (min)			
		Cp	0	5	10
h = 0,7m	1	0	0,50	0,70	1,00
	2	0	0,60	0,80	1,30
	3	0	0,70	1,00	1,50
	4	0	0,40	0,70	1,00
	5	0	0,60	0,90	1,20
	6	0	0,40	0,60	0,90
	Média	0,00	0,55	0,75	1,10
	Desvio	0,00	0,12	0,15	0,23
	M+2D	0,00	0,79	1,04	1,55

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 12 – Permeabilidade à água do revestimento interno em h = 1,40m – (ml)

		Tempo (min)			
		Cp	0	5	10
h = 1,4m	7	0	0,70	1,30	2,00
	8	0	0,60	1,00	1,30
	9	0	0,30	0,80	1,00
	10	0	0,50	0,80	1,00
	11	0	0,80	1,20	1,50
	12	0	0,80	1,10	1,50
	Média	0,00	0,65	1,05	1,40
	Desvio	0,00	0,19	0,21	0,38
	M+2D	0,00	1,04	1,46	2,15

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 13 – Permeabilidade à água do revestimento interno em h = 2,10m – (ml)

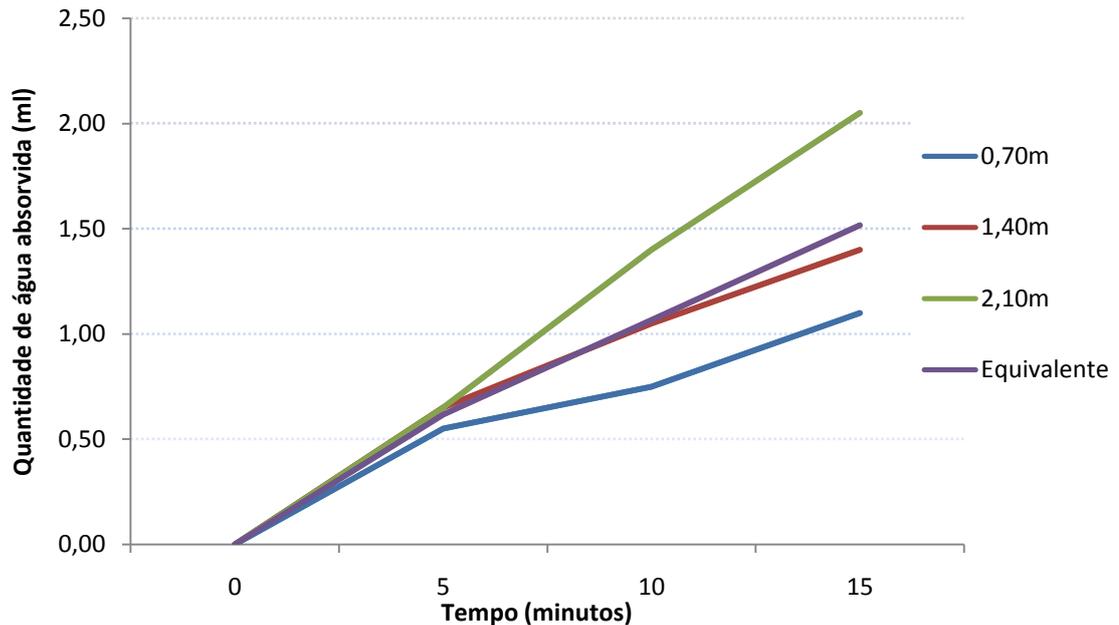
		Tempo (min)			
		Cp	0	5	10
h = 2,10m	13	0,00	0,60	1,30	1,70
	14	0,00	0,40	1,80	2,10
	15	0,00	0,80	1,60	2,00
	16	0,00	0,50	0,80	1,00
	17	0,00	0,70	1,30	2,20
	18	0,00	0,90	1,50	2,30
	Média	0,00	0,65	1,40	2,05
	Desvio	0,00	0,19	0,34	0,48
	M+2D	0,00	1,02	2,09	3,01

(fonte: elaborado pelo autor)

A escolha pela análise da permeabilidade através do método do cachimbo deu-se basicamente pela sua relativa facilidade de execução, visto que, como o ensaio foi executado em pleno andamento da obra, seria difícil executar ensaios de maior complexidade.

A figura 31 apresenta, em linhas, para uma maior visualização, os valores obtidos através do ensaio pelo método do cachimbo nas alturas analisadas, 0,7, 1,4 e 2,1m e também o valor médio de todos os pontos analisados.

Figura 31 – Dados coletados em ensaio de permeabilidade à água pelo método do cachimbo



(fonte: elaborado pelo autor)

Analisando a evolução das linhas do gráfico, quantidade absorvida x tempo de ensaio, foi possível chegar a algumas observações. Os pontos do ensaio dispostos a uma altura de 0.7m possuem permeabilidade menor, durante todo o tempo de ensaio, quando comparado aos pontos analisados em alturas superiores, que tiveram uma maior capacidade de absorver a água do cachimbo. Essa diferença ocorre, provavelmente, pois, como o revestimento analisado está localizado no térreo, embora difícil de visualizar é possível, nessa altura, a presença de umidade, tendo alguns poros já saturados, propiciando uma menor absorção.

O ensaio que visa analisar a permeabilidade de revestimentos, através do método do cachimbo, não apresenta valores de referência capazes de classificar os revestimentos, desta forma a análise foi efetuada de forma comparativa, onde se buscou valores obtidos em outros trabalhos que também tinham como objetivo esta análise.

A seguir, nas tabelas 14 a 16 são apresentados os valores para comparação.

Tabela 14 – Resultado do ensaio de permeabilidade pelo método do cachimbo (ml)

Absorção de água (ml) em função do tempo (min)																
Det	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0,00	0,60	0,85	1,10	1,30	1,50	1,70	1,85	2,00	2,15	2,30	2,45	2,60	2,70	2,85	3,00
2	0,00	0,30	0,50	0,70	0,85	1,00	1,15	1,30	1,45	1,60	1,70	1,85	2,00	2,10	2,20	2,35
3	0,00	0,40	0,70	0,90	1,10	1,25	1,40	1,55	1,70	1,80	1,95	2,05	2,20	2,30	2,40	2,50
Média	0,00	0,43	0,68	0,90	1,08	1,25	1,42	1,57	1,72	1,85	1,98	2,12	2,27	2,37	2,48	2,62

(fonte: adaptada de MIRANDA JUNIOR, 2011, p. 59)

Tabela 15 – Resultado do ensaio de absorção de água pelo método do cachimbo (ml)

Corpo de prova 6	0min	5min	10min	15min
Ponto 01	0,00	0,90	1,40	2,00
Ponto 02	0,00	1,20	2,20	3,20
Ponto 03	0,00	0,80	1,50	2,20
Ponto 04	0,00	0,60	1,00	1,40
Ponto 05	0,00	1,30	2,30	3,20
Ponto 06	0,00	0,70	1,20	1,70
Ponto 07	0,00	0,70	1,20	1,70
Ponto 08	0,00	0,50	0,90	1,30
Ponto 09	0,00	0,60	0,90	1,20
Ponto 10	0,00	0,40	0,60	0,80
Média	0,00	0,77	1,32	1,87
Desvio padrão	0,00	0,29	0,56	0,81

(fonte: adaptada de HATTGE, 2004, p. 101)

Tabela 16 – Resultado de absorção de água ao longo do tempo

Tempo (min)	Absorção (ml)
	Traço IV
0	0,00
1	0,50
2	0,80
3	1,00
4	1,20
5	1,40
6	1,50
7	1,60
8	1,70
9	1,90
10	2,00
11	2,10
12	2,30
13	2,40
14	2,50
15	2,70

(fonte: adaptada de DUBAJ, 2000, p. 70)

De forma simplificada, para uma melhor visualização, a tabela 15 apresenta os valores obtidos por alguns autores no mesmo ensaio.

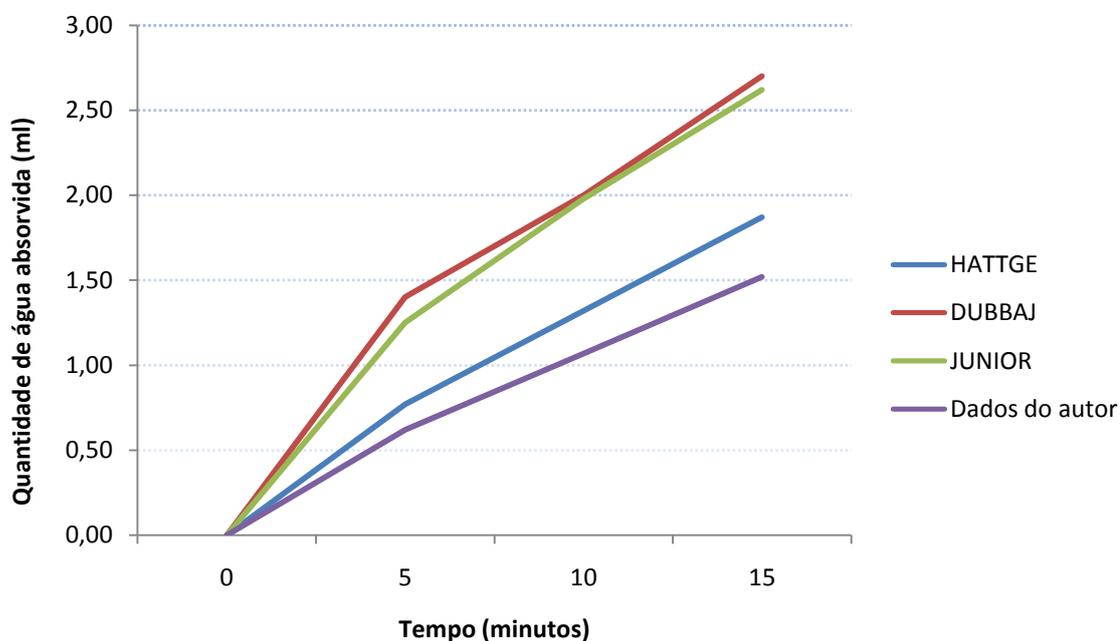
Tabela 17 – Comparação entre resultados médios de absorção de água pelo método do cachimbo

	Tempo (min)			
	0	5	10	15
HATTGE	0,00	0,77	1,32	1,87
DUBBAJ	0,00	1,40	2,00	2,70
JUNIOR	0,00	1,25	1,98	2,62
Dados do autor	0,00	0,62	1,07	1,52

(fonte: elaborado pelo autor)

Os valores da tabela 17 foram graficados e apresentados na figura 32.

Figura 32 – Comparação de valores coletados em ensaio de permeabilidade à água



(fonte: gráfico do autor)

Analisando a evolução das linhas do gráfico 2, obtidas através dos valores médios de quantidade de água absorvida ao longo do tempo de duração do ensaio, é possível chegar a algumas conclusões.

Os valores obtidos no ensaio de permeabilidade, executado em argamassa projetada, executado pelo autor, utilizando argamassa projetada, possuem uma menor taxa de absorção desde o início do ensaio quando comparados aos valores obtidos nos demais trabalhos analisados. Essa menor absorção explica-se, pelas propriedades da argamassa utilizada, que possui um efetivo controle de dosagem, e também pela forma de execução do revestimento, que pela utilização mecânica diminui os vazios presentes no revestimento.

Cabe salientar que, embora os resultados obtidos no trabalho do autor sejam inferiores em comparação com os demais trabalhos encontrados, estes resultados não mostram uma impermeabilidade do revestimento analisado. Portanto, a permeabilidade desejada do revestimento, que favorece a secagem da umidade de infiltração e até mesmo o vapor de água, não fica comprometida.

7 CONCLUSÕES

O presente trabalho analisou o desempenho mecânico, quanto à aderência e estanqueidade, de revestimento interno produzido com argamassa projetada aplicado sobre blocos cerâmicos lisos. A partir da análise dos resultados obtidos com a realização dos ensaios de resistência de aderência à tração, através do arrancamento e o de estanqueidade, pelo método do cachimbo, é possível apresentar as conclusões a seguir descritas.

No ensaio de arrancamento 86,11% dos corpos de prova do revestimento analisado obtiveram valores de aderência superior aos mínimos estabelecidos pela Norma correspondente. Ao verificar a aderências do revestimento nas diferentes faixas de altura, foi possível concluir que há diferenças entre o o revestimento projetado a uma altura de 0,7m quando comparamos aos executados a 2,10m.

O ensaio que avaliou a permeabilidade do revestimento projetado concluiu que, as taxas de absorção de água durante o período de realização do ensaio, quando comparadas ao mesmo experimento executado por outros três autores, foram as menores. A permeabilidade observada nas diferentes alturas de projeção do revestimento atestou que na faixa de setenta centímetros foi obtida a menor taxa de absorção dentre as demais faixas analisadas. Tal diferença na absorção era prevista, pois, na região mais próxima ao piso, há uma maior saturação de água no revestimento. Em virtude da inexistência de valores como referência para este ensaio esta análise deu-se somente de forma comparativa.

Portanto, é confirmada a hipótese do trabalho de que é possível atingir parâmetros de desempenho quanto à aderência e estanqueidade, através da produção do revestimento realizada através de projeção mecânica com bomba de ar comprimido.

Por fim, cabe salientar que embora seja possível atingir resultados satisfatórios, com o uso de projetor mecânico de argamassa, isso não é o suficiente para optar-se pela sua utilização. É necessário um planejamento detalhado, de forma a buscar a maior produtividade do sistema, pois seu uso por profissionais não qualificados aliados a problemas de logística no canteiro de obras podem acabar inviabilizando-o financeiramente.

REFERÊNCIAS

ACABAMENTO projetado. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 16, n. 158, p. 38-39, jun. 2010.

AGUIAR, E. S. **Caracterização da produção de argamassa tradicional racionalizada para revestimentos de fachadas**. 2004. 78 f. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, EPUSP, São Paulo, 2004.

ALVES, N. J. D.; do Ó, S. W. Aditivos incorporadores de ar e retentores de água. In: BAUER, E. (Coord.). **Revestimento de argamassa: características e peculiaridades**. Brasília: Sinduscon/DF, 2005. p. 46-58.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de revestimentos de argamassa**. [S. l.]: 2002. Paginação irregular. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/279/anexo/ativosmanu.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **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 7200**: execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 13276**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005a.

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

_____. **NBR 13278**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005c.

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

_____. **NBR 13528**: revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

DIAS, L. A.; CARASEK, H. Avaliação da permeabilidade e da absorção de água de revestimentos de argamassa pelo método do cachimbo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIAS DAS ARGAMASSAS. 5., 2003. São Paulo. **Anais...** p. 543-555.

DUAILIBE, R. P.; CAVANI, G. de R.; OLIVEIRA, M. C. B. Influência do tipo de projeção da argamassa na resistência de aderência à tração e permeabilidade à água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. 6., 2005. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2005 p. 508-517.

DUBBAJ, E. **Estudo comparativo entre traços de argamassa de revestimento utilizadas em Porto Alegre**. 2000. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

FERNANDES, H. C.; JOHN, V. M. **Desenvolvimento de metodologia para estimativa da energia de lançamento das argamassas projetadas por spray a ar comprimido**. São Paulo: EPUSP, 2007. Boletim técnico PCC n. 474.

GOMES, A. de O. Propriedade das argamassas de revestimento de fachadas. Salvador: UFBA 2008. Disponível em: < <http://pt.scribd.com/doc/62190521/des-Das-Argamassas-de-Revestimento-2008>> Acesso em: 15 out. 2012.

GONÇALVES, S. R. de C.; BAUER, E. Estudo de caso da variação de resistência de aderência à tração em uma parede. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. 6., 2005. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2005 p. 562-567.

HATTGE, A. F. **Estudo comparativo sobre a permeabilidade das alvenarias em blocos cerâmicos e alvenarias em blocos de concreto**. 2004. 136 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

JAWOROSKI, H. C. **Estudo experimental em alvenaria estrutural: resistência à compressão e resistência de aderência**. 1990. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1990.

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: EPUSP, 1998. Texto técnico utilizado como apoio à disciplina de Tecnologia da Construção de Edifícios II. Disponível em: <<http://pcc2436.pcc.usp.br/Textost%C3%A9nicos/Revestimentos%20verticais/aula%205%202005%20texto%20argamassa.PDF>>. Acesso em: 1 nov. 2011.

MOURA, C. B. **Aderência de revestimentos externos de argamassa em substratos de concreto: influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco**. 2007. 232 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

MIRANDA JUNIOR, P. S. **Avaliação da absorção em água por imersão e da permeabilidade em argamassa reciclada**. 2011. 69 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Colegiado do Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2011.

OLIVEIRA, F. A. L. **Argamassa industrializada: vantagens e desvantagens**. 2006. 42 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.

PAES, I. N. L.; GONÇALVES, S. R. de C. Aspectos das argamassas projetadas. In: BAUER, E. (Coord.). **Revestimento de argamassa: características e peculiaridades**. Brasília: Sinduscon/DF, 2005. p. 42-49.

- PARAVISI, S.; MASUERO, A. B.; BONIN, L. C.; ISATTO, E. L. Produção de revestimento de argamassa com bombas de projeção. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 17, n. 145, p. 62-66, abr. 2009.
- PRETTO, M. E. J. **Influência da rugosidade gerada pelo tratamento superficial do substrato de concreto na aderência do revestimento de argamassa**. 2007. 261 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- RECENA, F. A. P. **Conhecendo a argamassa**. Porto Alegre: Edipucrs, 2007.
- REGATTIERI, C. E.; da SILVA, L. L. R. **Ganhos potenciais na utilização da argamassa industrializada**. São Paulo: Associação Brasileira de Argamassa Industrializada, 2007. Não paginado. Disponível em: <<http://www.abai.org.br/images/ganhos%20potenciais.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2012.
- SABBATINI, F. H. Tecnologia de execução de revestimentos de argamassa. In: SIMPÓSIO DE APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DO CONCRETO. 13., 1990. São Paulo. **Anais...** Não paginado.
- SABBATINI, F. H.; BAÍA, L. L. M. **Projeto e execução de revestimento de argamassa**. 2. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000.
- SANTOS, C. C. N.; RAMOS, D. V. M. Aspectos das argamassas projetadas. In: BAUER, E. (Coord.). **Revestimento de argamassa: características e peculiaridades**. Brasília: Sinduscon/DF, 2005. p. 51-55.
- SANTOS, H. B. **Ensaio de aderência das argamassas de revestimento**. 2008. 50 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Heraldo%20Barbosa.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2012.
- SELMO, S. M. S. **Dosagem de argamassas de cimento portland e cal para revestimento externo de fachadas dos edifícios**. 1989. 251 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- SILVA, L. L. R. da; SOUZA, U. E L. de. **Métodos de intervenção para a melhoria da eficiência na execução de revestimentos de argamassa de fachada**. São Paulo: EPUSP, 2003. Boletim técnico PCC n. 350.
- SILVA, M. S. Projetando o futuro. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 10, n. 110, p. 36-38, maio 2006.
- TAMAKI, L. Desempenho aderido. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 16, n. 185, p. 24-31, ago. 2012.