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

Leonardo Jorge Pereira

REVESTIMENTO INTERNO DE ARGAMASSA EM ALVENARIA COM BLOCOS CERÂMICOS: VERIFICAÇÃO DA ADERÊNCIA COM E SEM O USO DE CHAPISCO

Porto Alegre
julho 2014

LEONARDO JORGE PEREIRA

REVESTIMENTO INTERNO DE ARGAMASSA EM ALVENARIA COM BLOCOS CERÂMICOS: VERIFICAÇÃO DA ADERÊNCIA COM E SEM O USO DE CHAPISCO

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

Orientador: Ruy Alberto Cremonini

Porto Alegre

julho 2014

LEONARDO JORGE PEREIRA

REVESTIMENTO INTERNO DE ARGAMASSA EM ALVENARIA COM BLOCOS CERÂMICOS: VERIFICAÇÃO DA ADERÊNCIA COM E SEM O USO DE CHAPISCO

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

Porto Alegre, julho de 2014

Prof. Ruy Alberto Cremonini
Dr. pela Universidade de São Paulo
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Dra. pelo PPGA/UFRGS
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Águida Gomes de Abreu (UFRGS)
Dra. pela UFRGS

Profa. Ana Luiza Raabe Abitante (UFRGS)
Dra. pela UFRGS

Prof. Ruy Alberto Cremonini (UFRGS)
Dr. pela EPUSP

Dedico este trabalho a meus pais, Paulo Ricardo e Maria Luiza, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Ruy Alberto Cremonini, orientador deste trabalho, pelos ensinamentos e disponibilidade de auxílio sempre prestado para comigo e meu trabalho.

Agradeço à Profa. Carin Maria Schmitt, coordenadora do Trabalho de Diplomação, pela paciência e disposição de colaborar em todas as etapas do desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço ao engenheiro Levi Gil Coelho e à construtora G. Pinheiro Ltda, pela ajuda e fornecimento dos materiais para realização deste trabalho.

Agradeço à Profa. Ângela Borges Masuero, coordenadora do laboratório do Norie, por autorizar a utilização do espaço físico e equipamentos do laboratório.

Agradeço ao Sr. Gilmar Vieira, técnico do laboratório do Norie, pelo auxílio prestado nos serviços de montagem dos prismas e execução dos testes de aderência.

Agradeço aos amigos e colegas pela compreensão, apoio nos estudos e momentos de descontração passados ao longo deste período da minha graduação.

Agradeço à minha família pelo apoio incondicional.

Sonhos determinam o que você quer.
Ação determina o que você conquista.

Aldo Novak

RESUMO

Este trabalho versa acerca da verificação do desempenho dos revestimentos argamassados em relação às exigências da NBR 13.749/2013. No atual contexto da construção civil brasileira, em que as empresas do setor buscam métodos da racionalização da produção e aumento da produtividade, muitas vezes para se atingir esses objetivos, ocorre a perda da qualidade, comprometendo o desempenho dos serviços executados. Como é explicado neste trabalho, a aderência constitui-se em uma das mais importantes propriedades para que a argamassa atenda suas funções. São abordadas características tais como: a condição superficial dos blocos cerâmicos, materiais componentes da argamassa, capacidade de retenção de água e espessura do revestimento. Busca-se explicar como elas podem influenciar no desempenho do sistema. Para fins de comparação são aplicados três procedimentos distintos de revestimentos internos de argamassa: aplicação em contato direto com o substrato cerâmico e aplicação em substratos que receberam aplicação de dois procedimentos distintos de chapisco (tradicional e rolado). Para constatação dessas resistências, optou-se por realizar um ensaio de aderência de acordo com a NBR 13.528/2010, o qual fornece os parâmetros necessários para realização das devidas análises das distintas situações propostas neste trabalho. Após a execução dos ensaios, foi constatado que todos os procedimentos aqui propostos atingiram ao valor mínimo de resistência da aderência exigido por Norma, podendo dessa forma serem considerados de qualidade satisfatória para o cumprimento de suas funções. Ao final deste trabalho, é ainda realizada uma breve análise sobre as diferentes formas de ruptura verificadas nos ensaios.

Palavras-chave: NBR 13.749/2013. Revestimentos Internos Argamassados. Ensaio de Aderência de Argamassas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama das etapas de pesquisa 16
Figura 2 – Representação de blocos cerâmicos de vedação 21
Figura 3 – Camadas do revestimento de argamassa da vedação vertical 29
Figura 4 – Formas de ruptura para um sistema sem chapisco 42
Figura 5 – Formas de ruptura para um sistema com chapisco 42
Figura 6 – Moldagem inicial com assentamento dos blocos cerâmicos 44
Figura 7 – Aspecto dos prismas após receberem os chapiscos 45
Figura 8 – Revestimento de argamassa executado 46
Figura 9 – Pastilhas metálicas 47
Figura 10 – Cortes executados no revestimento 47
Figura 11 – Execução do ensaio de aderência 48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Limites da resistência de aderência à tração..... 49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características exigidas para os blocos cerâmicos de vedação 21
Tabela 2 – Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos 34
Tabela 3 – Valores do ensaio de aderência para revestimentos sem chapisco 50
Tabela 4 – Valores do ensaio de aderência para revestimentos com chapisco tradicional..... 51
Tabela 5 – Valores do ensaio de aderência para revestimentos com chapisco rolado..... 52

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 Objetivo Secundário 14
2.3 HIPÓTESE 15
2.4 PRESSUPOSTO 15
2.5 PREMISSA..... 15
2.6 DELIMITAÇÕES..... 15
2.7 LIMITAÇÕES 15
2.8 DELINEAMENTO 16
2.8.1 Pesquisa Bibliográfica 17
2.8.2 Caracterização do Procedimento de Revestimento Argamassado 17
2.8.3 Levantamento das Recomendações para Ensaio de Aderência 17
2.8.4 Elaboração do Plano Experimental 17
2.8.5 Preparação dos Corpos de Prova 18
2.8.6 Realização dos Ensaios em Laboratório 18
2.8.7 Comparação e Análise dos Resultados 18
2.8.8 Considerações Finais 18
3 VEDAÇÃO VERTICAL COM BLOCOS CERÂMICOS..... 19
3.1 HISTÓRICO 19
3.2 BLOCOS CERÂMICOS 20
3.3 VANTAGENS APURADAS NO USO DE BLOCOS CERÂMICOS EM RELAÇÃO À TIJOLOS 22
4 REVESTIMENTO INTERNO DE ARGAMASSA 24
4.1 PROPRIEDADE DAS ARGAMASSAS 25
4.1.1 Propriedade de Argamassa no Estado Fresco 25
4.1.1.1 Trabalhabilidade 25
4.1.1.1 Adesão Inicial 26
4.1.1.1 Retenção de Água 26
4.1.2 Propriedade de Argamassa no Estado Endurecido 27
4.1.2.1 Aderência 27

.1.2.2 Resistência Mecânica 27
4.1.2.3 Capacidade de Absorver Deformações 28
4.1.2.4 Durabilidade 29
4.2 CONSTITUIÇÃO DO REVESTIMENTO 29
4.2.1 Substrato 30
4.2.2 Chapisco 30
4.2.3 Emboço 32
4.2.4 Reboco 33
4.2.5 Camada Única 33
4.3 ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA 35
5 ADERÊNCIA DE REVESTIMENTO INTERNO DE ARGAMASSA 36
6 ENSAIO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO..... 40
6.1 PRINCIPAIS CONCEITOS E RECOMENDAÇÕES DA NBR 13528/2010..... 40
6.2 REALIZAÇÃO DO ENSAIO DE ADERÊNCIA..... 43
7 APRESENTAÇÃO E DISCUSÃO DOS RESULTADOS..... 49
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 55
REFERÊNCIAS 56

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a economia brasileira vem passando por um período de crescimento e certa estabilidade. Esse cenário favorável é refletido diretamente no mercado da construção civil. Para muitos economistas e especialistas da área, este período já pode ser considerado superior, inclusive, ao da década de 1970, quando foram realizadas diversas obras de infraestrutura para o desenvolvimento e crescimento do País.

Ocorre que com o aquecimento deste mercado, ao mesmo tempo em que abre espaço para diversas empresas, se acirra a concorrência entre elas. Isso resulta na promoção de constante busca por novas tecnologias, materiais e métodos executivos que possibilitem maiores produtividade, economia e qualidade dos serviços prestados.

Desta maneira, visando atender a uma necessidade atual das construtoras, que trabalham cada vez mais com curtos prazos de entrega, aliados muitas vezes a falta de preparo e, até mesmo, de comprometimento para a execução dos serviços por parte da mão de obra, vem sendo adotada a substituição do tijolo cerâmico por blocos cerâmicos para execução das alvenarias. Essa troca vem se consolidando tanto em edificações de uso residencial como comercial. Associada a isso, pode-se verificar, ainda mais fortemente, a opção pelo uso de argamassas industrializadas ao invés da preparada convencionalmente em obra.

Ao adotar a substituição desses produtos, busca-se garantir a otimização de tempo e custo no processo da construção de edifícios Mas, ao se optar por empregar novas tecnologias, que geram ganhos na fase de execução, não se pode desconsiderar o desempenho final. Deve-se verificar se as mudanças não comprometem a funcionalidade dos componentes da edificação.

Sendo assim, este trabalho tem por objetivo verificar o desempenho, quanto à aderência, do revestimento interno argamassado quando executado em camada única sobre o bloco cerâmico, com e sem a execução de chapisco. Quanto ao chapisco, são testados dois procedimentos distintos de execução: o tradicional e o rolado. Para a preparação dos corpos de prova e realização do ensaio, são seguidos todos os procedimentos prescritos pela NBR 13528/2010 – Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas – determinação da resistência de aderência à tração. Estes ensaios possibilitam realizar a análise das condições

efetivas de aderência da argamassa. Com base nesses dados, é possível fazer a comparação entre as situações estudadas e dessas com o desempenho exigido pela norma, NBR 13749/2013b – Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas – especificação.

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: a resistência de aderência do revestimento interno de argamassa, quando executado com argamassa industrializada aplicada em blocos cerâmicos chapiscados e não chapiscados, alcança o mínimo exigido por norma?

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 verificação do desempenho quanto à aderência de revestimentos de argamassa industrializada executados em blocos cerâmicos chapiscados ou não, frente aos valores mínimos exigidos na NBR 13749/2013b – Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas – especificação.

2.2.2 Objetivos Secundários

O objetivo secundário do trabalho é a apresentação dos resultados de aderência para todas as situações de revestimento argamassado interno estudadas.

2.3 HIPÓTESE

A hipótese do trabalho é que os revestimentos internos argamassados apresentem valores de resistência à aderência superior ao mínimo exigido por Norma, distintos entre si unicamente pelas diferenças propostas nas camadas de composição do revestimento.

2.4 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que durante a execução do revestimento argamassado interno e realização dos ensaios de resistência à aderência foram adotadas todas as recomendações previstas em Norma, assegurando que não haja interferência de agentes externos nos resultados.

2.5 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que a busca por novos produtos e métodos executivos, pelo mercado da construção civil, no sentido de satisfazer as necessidades de rapidez e racionalização de materiais e processos, não deve comprometer a qualidade e desempenho das edificações.

2.6 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se a verificação da aderência de argamassa em blocos cerâmicos para execução de revestimento interno.

2.7 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

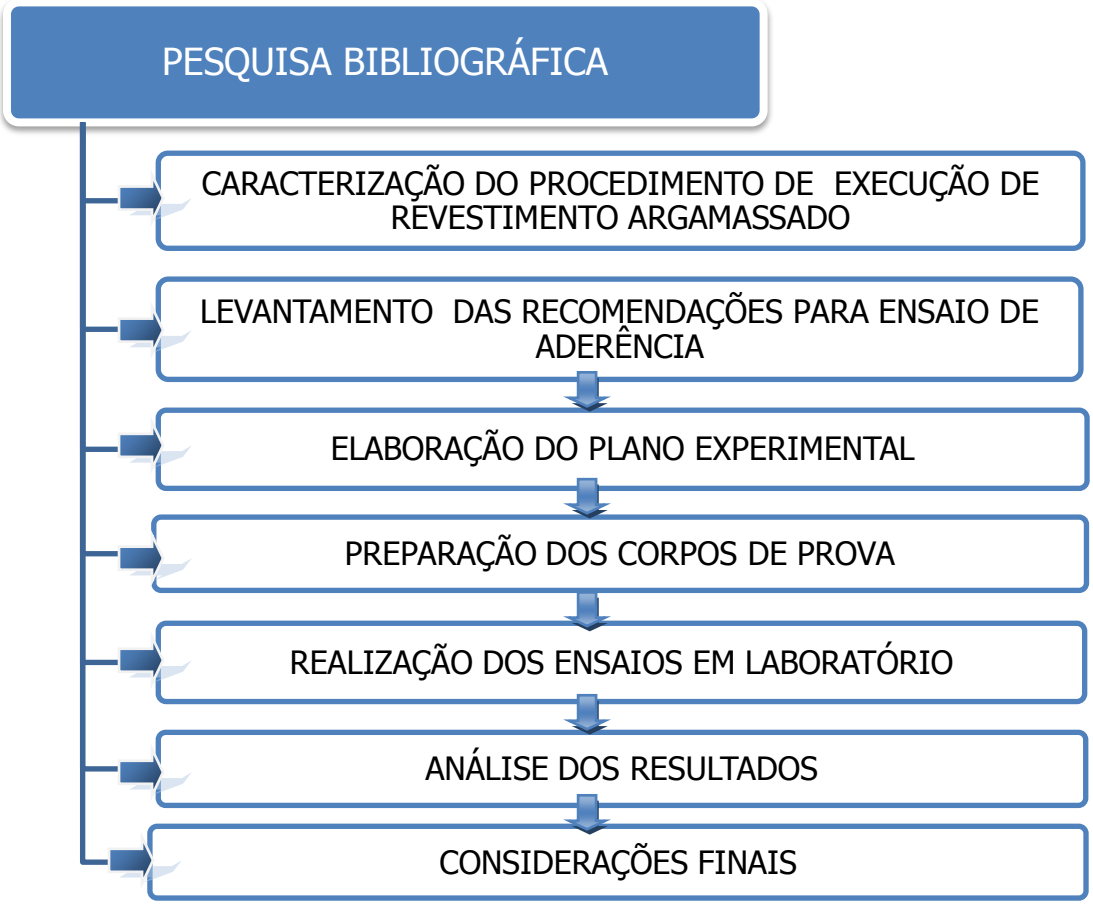
a) o uso de blocos cerâmicos produzidos por uma determinada fábrica;
b) a utilização de um tipo específico de argamassa industrializada produzida por uma determinada empresa;
c) a execução de dois procedimentos executivos distintos de chapisco;
d) preparo e realização de ensaios em laboratório.

2.8 DELINEAMENTO

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

a) pesquisa bibliográfica;
b) caracterização do procedimento de execução de revestimento argamassado;
c) levantamento das recomendações para ensaio de aderência;
d) elaboração do plano experimental;
e) preparação dos corpos de prova;
f) realização dos ensaios em laboratório;
g) análise dos resultados;
h) considerações finais.

Figura 1 – Diagrama das etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

2.8.1 Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica, primeira etapa do projeto de pesquisa, teve seguimento ao longo de todo o desenvolvimento do trabalho. Foram realizadas pesquisas referentes ao tema aderência de argamassas em blocos cerâmicos para revestimentos internos, tendo como objetivo fornecer conceitos e definições que serviram de base para auxiliar a compreensão e elaboração de todo o trabalho.

2.8.2 Caracterização do Procedimento de Execução de Revestimento Argamassado

A etapa de caracterização da atividade de revestimento interno com argamassa envolveu um aprofundamento nos estudos sobre o correto procedimento de execução a adotar. Também nesta etapa, buscou-se adquirir conhecimentos sobre as propriedades das argamassas, características dos blocos cerâmicos e de como esses fatores podem influenciar no desempenho referente à questão de aderência do revestimento.

2.8.3 Levantamento das Recomendações para Ensaio de Aderência

Neste estágio do trabalho, objetivou-se reunir as informações para a compreensão sobre como são realizados os ensaios em laboratório. Ocorreu uma busca detalhada pelas informações de quais os cuidados com a preparação dos materiais, prazos a respeitar para execução dos procedimentos e manuseio correto do equipamento de medição da resistência à tração.

2.8.4 Elaboração do Plano Experimental

Na etapa de elaboração do plano experimental, buscou-se elaborar um planejamento de como e quando ocorreriam todas as fases de execução do ensaio. Aqui foi definida efetivamente a proposta do trabalho, a qual foi de se executar um prisma que receberia revestimento argamassado sobre blocos cerâmicos sem chapisco, outro prisma que receberia chapisco tradicional e por fim um terceiro para receber chapisco rolado a base de resina PVA. Também

nesta fase, foi importante prever os equipamentos que se fariam necessários, disponibilidade de espaço físico e como seriam obtidos e armazenados os resultados para posterior análise.

2.8.5 Preparação dos Corpos de Prova

Esta parte consistiu em reunir os insumos necessários para execução do revestimento interno argamassado e proceder com a montagem dos corpos de prova, de acordo com os procedimentos de execução propostos no trabalho. Após a montagem e transcorridos os dias de cura necessários, foram efetuados os ensaios normalizados.

2.8.6 Realização dos Ensaios em Laboratório

Aqui o intuito foi o de se realizar efetivamente o ensaio de laboratório, ensaio de resistência de aderência à tração. Para sua realização, utilizou-se como referência todas as recomendações e procedimentos propostos pela NBR 13528/2010 – Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas – Determinação da Resistência de Aderência à Tração.

2.8.7 Análise dos Resultados

Com base nos dados obtidos pelos ensaios efetuados em laboratório juntamente com as informações adquiridas pelo estudo bibliográfico desenvolvido, realizou-se uma comparação dos procedimentos de execução adotados. A partir disso, de acordo com a NBR 13749/2013b – Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas – Especificação –, pôde ser desenvolvida a análise de quais as situações que atendem às exigências estabelecidas por norma.

2.8.8 Considerações Finais

Esta é a etapa final na qual foi realizado o fechamento da pesquisa. Nela busca-se expor os principais pontos observados ao longo do desenvolvimento do trabalho bem como todas as informações que possibilitem um esclarecimento maior sobre o assunto.

3 VEDAÇÃO VERTICAL COM BLOCOS CERÂMICOS

A vedação vertical ocupa uma posição de grande importância entre as etapas dos serviços de construção de edificações. É um sistema que tem como principais funções compartimentar a edificação e propiciar aos ambientes características que permitam o adequado desenvolvimento das atividades para as quais eles foram projetados. Além disso, está relacionado diretamente com outras etapas da fase de construção do edifício, como as instalações elétricas, instalações hidráulicas, serviços de impermeabilizações, entre outros. Existem alguns tipos variados de técnicas para compartimentação interna das edificações. Com o avanço da tecnologia e maior domínio sobre o conhecimento, cada vez mais novas alternativas são inseridas no mercado. Atualmente existem procedimentos que utilizam blocos cerâmicos, chapas de madeira, divisórias de gesso acartonado, entre outros meios para a execução da vedação interna nas construções.

O presente capítulo consiste em apresentar a técnica construtiva utilizando blocos cerâmicos para vedação. Procura retratar de uma forma breve o histórico do seu surgimento, além de trazer uma sucinta caracterização sobre o produto e evidenciar características as quais resultam na opção, cada vez mais predominante, por parte das construtoras em adotar o bloco cerâmico na construção de edificações.

3.1 HISTÓRICO

O conhecimento e uso de utensílios cerâmicos na construção civil é empregado há muitos séculos pela civilização humana. Desde a antiguidade o homem já utilizava blocos secos ao tempo, adobe, para execução de muros e paredes. De acordo com os registros encontrados e dados levantados em literaturas especializadas sobre o tema, tem-se notícias de que na região do Rio Eufrates, na Ásia, surgiu o emprego de blocos cozidos, tijolo, o que representou um grande avanço na capacidade de construir. O tijolo era um material mais sólido, resistente a intempéries e possuía maior resistência estrutural em relação ao adobe. Posteriormente, através da influência do Império Romano, o tijolo se propagou por toda a Europa e atravessou séculos e séculos de história (MONEGATTO, 2008, p. 47-48).

Conforme é colocado por Monegatto (2008, p. 49), no Brasil, a utilização de peças cerâmicas com o objetivo de construir ocorre desde os primeiros anos após a chegada dos portugueses no período colonial. Por volta de 1867, na cidade de Campinas, SP, instalou-se em solo brasileiro a primeira olaria mecanizada e com grande capacidade de produção (MONEGATTO, 2008, p. 53). No período das décadas de 1950, 1960 e 1970, o sistema passou por uma grande fase de desenvolvimento. Novas tecnologias foram implantadas e empresas do ramo da produção destes produtos consolidaram-se com destaques no mercado da construção civil. Já na década de 1990 surgiram os programas de certificação de qualidade das empresas, produtos e serviços referentes à avaliação deste setor.

3.2 BLOCOS CERÂMICOS

Os blocos cerâmicos são componentes construtivos utilizados na alvenaria de vedação, alvenaria estrutural ou portante. Apresentam furos de variados formatos, paralelos a qualquer um de seus eixos. Geralmente nas olarias nas quais são confeccionados, os blocos passam por variadas etapas de fabricação bem estruturada. O processo inicia-se desde estudos realizados em argilas, que servem de matéria-prima, passando por etapas de colagem, prensagem, extrusão e torneamento. Até que por fim passam por uma fase de secagem e posterior queima realizada em fornos industriais, podendo alcançar altas temperaturas, as quais sofrem variações de acordo com a fábrica onde são produzidos, que em algumas chegam a ultrapassar a marca de 1000ºC (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, 2011).

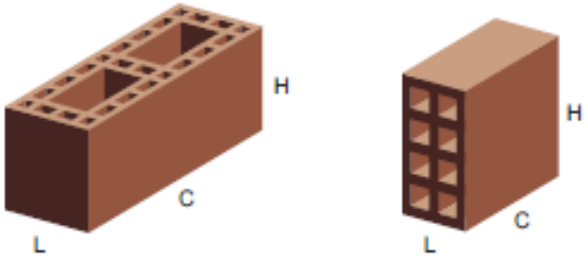
No item 3.5 da NBR 15270-1, bloco cerâmico de vedação é caracterizado como: “Componente da alvenaria de vedação que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contém.”. Essa Norma ressalta ainda que: “Os blocos cerâmicos para vedação constituem as alvenarias externas ou internas que não têm a função de resistir a outras cargas verticais, além do peso da alvenaria da qual faz parte.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a, p. 1-2). Vale à pena ressaltar também, que este tipo de bloco pode ser assentado em qualquer posição.

Já bloco cerâmico estrutural, pelo item 3.1 da NBR 15270-2, é definido como: “Componente da alvenaria estrutural que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm.”. Ainda de acordo com essa Norma é enfatizado que: “Os blocos cerâmicos estruturais são

produzidos para serem assentados com furos na vertical.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005b, p. 1).

Como indicam Thomaz et al. (2009, p. 9), ao se optar pelo emprego de blocos cerâmicos para execução das alvenarias de vedação, deve-se consultar a norma NBR 15270-1 para o recebimento, pois esta indica os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos que devem ser atendidos. Na figura 2 são ilustrados dois exemplos de blocos de vedação.

Figura 2 – Representação dos blocos cerâmicos de vedação



(fonte: THOMAZ et al., 2009, p. 9)

As características que devem ser atendidas pelos blocos cerâmicos de vedação, de acordo com a norma NBR 15270-1, são apresentadas resumidamente na tabela 1.

Tabela 1 – Características exigidas para os blocos cerâmicos de vedação

Características visuais	Não apresentar quebras, superfícies irregulares ou deformações
Forma	Prisma reto
Tolerância dimensional individual relacionada à dimensão efetiva	± 5 mm (largura, altura ou comprimento)
Tolerância dimensional individual relacionada à dimensão efetiva	± 3 mm (largura, altura ou comprimento)
Espessura das paredes internas dos blocos	≥ 6 mm
Espessura das paredes externas dos blocos	≥ 7 mm
Desvio em relação ao esquadro	≤ 3 mm
Planeza das faces	Flecha ≤ 3 mm
Resistência à compressão (área bruta)	≥ 1,5 MPa (para furos da horizontal)
	≥ 3,0 MPa (para furos da vertical)
Índice de absorção de água (AA)	8% ≤ AA ≤ 22%

(fonte: THOMAZ et al., 2009, p. 11)

Além disso, na utilização de blocos cerâmicos, a fim de garantir a preservação de suas propriedades no momento de execução dos serviços, deve-se tomar alguns cuidados no seu armazenamento em obra. No que se refere à estocagem, os blocos que forem empilhados, é recomendável cuidar para que a altura máxima não ultrapasse a marca de 1,80 m. Estas não devem estar apoiadas diretamente sobre o terreno. Para um correto processo de estocagem elas devem ser apoiadas sobre uma superfície plana, limpa e livre de umidade. O mais usual é que sejam providenciados paletes, geralmente fornecidos pelo próprio distribuidor, para que ocorra a correta acomodação dos blocos Quando o armazenamento for realizado a céu aberto, é altamente recomendável cobrir as pilhas. Estas devem ser envoltas por meio de uma cobertura impermeável protegendo-as contra a chuva ou outras formas de intempéries que possam influenciar de alguma forma na propriedade de absorção de água pelos blocos (THOMAZ et al., 2009, p. 39).

3.3 VANTAGENS APURADAS NO USO DE BLOCOS CERÂMICOS EM RELAÇÃO A TIJOLOS CERÂMICOS

Atualmente no mercado da construção civil, existe uma grande concorrência tendo as construtoras como metas principais: o prazo, o custo e a qualidade do produto. Sendo assim, elas visam realizar o seu empreendimento no tempo determinado, geralmente definido antes do lançamento do mesmo, com o menor custo possível e com a melhor qualidade. Para se alcançar estes objetivos é necessário realizar um planejamento e promover a racionalização no processo de construção. A racionalização construtiva é definida por Sabbatini (1989, p. 54) como “Um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em toda as suas fases.”.

Nesse contexto, a alvenaria de vedação tradicional é uma técnica que pode ser considerada desvantajosa. Ela não utiliza um projeto de alvenaria, as soluções construtivas são improvisadas durante a execução dos serviços em canteiro de obra, sendo frequentes os rasgos nas paredes e posterior remendo com argamassa para preenchimentos dos vazios. Além disso, o bloco cerâmico utilizado é um bloco rudimentar, conhecido popularmente como tijolo furado, que apresenta pouca precisão geométrica, menor resistência física, aumentando o grau de desperdício devido a quebras, além de apresentar maior variação térmica a intempéries externas (PAULUZZI PRODUTOS CERÂMICOS LTDA, 2012).

Dessa maneira, a fim de convergir com as necessidades das construtoras, emprega-se a alvenaria de vedação racionalizada a qual utiliza blocos cerâmicos de melhor qualidade desenvolvidos para este fim. Algumas das vantagens encontradas na utilização desta técnica de construção, segundo um dos fabricantes, são listadas a seguir (PAULUZZI PRODUTOS CERÂMICOS LTDA, 2012):

a) utilização de blocos de melhor qualidade, com furos na vertical para a passagem de instalações;

b) planejamento prévio da paginação da alvenaria, cada bloco está desenhado no seu devido lugar;

c) projeto da produção, projeto compatibilizando estrutura, alvenarias e demais subsistemas;

d) utilização de família de blocos com blocos compensadores para evitar a quebra de blocos na execução;

e) redução drástica do desperdício de materiais, sem quebras e sem remendos;

f) melhoria nas condições de limpeza e organização do canteiro de obras.

Logo, pelas vantagens enunciadas é justificável a opção das construtoras, buscando aumentar a produtividade e garantir-se em um mercado cada vez mais competitivo, em aderir cada vez mais ao sistema de vedação vertical racionalizado com blocos cerâmicos. Pois, conforme é relatado pelo fabricante e pôde ser verificado pelo menos em uma construtora da cidade de Porto Alegre, apesar de o custo por bloco utilizado ser maior na comparação com o tijolo tradicional, as vantagens apresentadas acabam por compensar este investimento inicial maior.

4 REVESTIMENTO INTERNO DE ARGAMASSA

Historicamente, revestimentos de argamassa são considerados parte de um processo tradicional da construção, que tem evoluído com o passar dos anos e constitui-se numa das principais técnicas adotadas pelas construtoras. Conforme a NBR 7200 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998, p. 2), a argamassa pode ser definida como "Mistura homogênea de agregado(s) miúdos(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições com propriedades de aderência e endurecimento.".

Os revestimentos de argamassa têm como funções principais: proteger os elementos de vedação das edificações das ações diretas dos agentes agressivos, auxiliar as vedações no cumprimento de suas funções e proporcionar a regularização da superfície. Além disso, servem de base para aplicação de outros revestimentos ou mesmo acabam por constituir-se no acabamento final (MACIEL et al., 1998, p. 1).

Essas atribuições são reforçadas na definição de Carasek (2007), em que a autora aponta que as principais funções de um revestimento são:

> a) proteger a alvenaria e a estrutura contra a ação do intemperismo, no caso de revestimentos externos;
>
> b) integrar o sistema de vedação dos edifícios, contribuindo com diversas funções, tais como: isolamento térmico (~30%), isolamento acústico (~50%), estanqueidade à água (~70 a 100%), segurança ao fogo e resistência ao desgaste e abalos superficiais;
>
> c) regularizar a superfície dos elementos de vedação e servir como base para acabamentos decorativos, contribuindo para a estética da edificação.

Analisando esses conceitos é importante ressaltar (MACIEL et al., 1998, p. 1):

> [...] que não é função do revestimento dissimular imperfeições grosseiras da base. Na prática, essa situação ocorre com muita frequência, devido à falta de cuidado no momento da execução da estrutura e da alvenaria, que ficam desaprumadas e desalinhadas. Com isso é necessário **esconder na massa** as imperfeições, o que compromete o cumprimento adequado das reais funções do revestimento.

Para que possam desempenhar adequadamente suas funções, as argamassas devem apresentar certas propriedades com características que atendam às necessidades requeridas. Recena (2008, p. 49) afirma que:

> Uma das características mais importantes das argamassas é, sem dúvida nenhuma, sua capacidade de manter-se aderida ao substrato, seja no assentamento, com a finalidade de unir elementos em uma alvenaria, ou em revestimentos, mesmo diante de movimentações diferenciadas choques térmicos, impactos e outras solicitações.

Portanto, o presente capítulo tem por objetivo apresentar as principais propriedades da argamassa, as camadas que compõem o revestimento, explorar alguns conceitos sobre argamassa industrializada e ainda descrever um conjunto de técnicas de boas práticas de armazenamento e execução para o atendimento das exigências estabelecidas por Norma

4.1 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS

O entendimento das propriedades e dos fatores que influenciam a obtenção de argamassa são aspectos de grande importância para compreensão do sistema, já que permitem prever o comportamento do revestimento nas diferentes situações de uso. Vale destacar que a ocorrência das propriedades é vinculada aos estados que a argamassa de revestimento se apresenta. Ela pode se apresentar no estado fresco ou endurecido. Algumas dessas propriedades principais são apresentadas a seguir.

4.1.1 Propriedades de Argamassas no Estado Fresco

Estado fresco pode ser compreendido como aquele estado pastoso o qual a argamassa adquire logo após ser preparada e estar apta para realização dos serviços. Algumas dessas propriedades como trabalhabilidade, adesão inicial e retenção de água são descritas nos próximos itens.

4.1.1.1 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade é considerada uma propriedade de avaliação qualitativa. De acordo com Maciel et al. (1998, p. 3) uma argamassa pode ser considera trabalhável quando:

> a) deixa penetrar facilmente a colher de pedreiro, sem ser fluida;

> b) mantém-se coesa ao ser transportada, mas não adere à colher ao ser lançada;
>
> c) distribui-se facilmente e preenche todas as reentrâncias da base;
>
> c) não endurece rapidamente quando aplicada.

Carasek (2007) destaca a importância dessa propriedade ao ressaltar que:

> Além disso, se a argamassa não possuir a trabalhabilidade satisfatória e não garantir a sua correta aplicação, haverá prejuízo ao desempenho do revestimento, uma vez que várias propriedades da argamassa no estado endurecido serão afetadas pelas condições de aplicação (estado fresco), como é o caso da aderência.

4.1.1.2 Adesão Inicial

A propriedade de adesão inicial, de maneira simplificada, pode ser compreendida como a capacidade de a argamassa, ainda no estado fresco, unir-se ao substrato. Maciel et al. (1998, p. 4) explica o conceito e fatores externos que influenciam essa propriedade:

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

4.1.1.3 Retenção de Água

A retenção de água pode ser entendida como a propriedade da argamassa de reter água frente à perda provocada pela absorção do substrato ou a perda causada por evaporação para o meio externo. Em Maciel et al. (1998, p. 3) é definido que:

> A retenção permite que as reações de endurecimento da argamassa se tornem mais gradativas, promovendo a adequada hidratação do cimento e consequente ganho de resistência.

> A rápida perda de água, compromete a aderência, a capacidade de absorver deformações, a resistência mecânica e, com isso, a durabilidade e a estanqueidade do revestimento e da vedação ficam comprometidas.
>
> Da mesma forma que a trabalhabilidade, os fatores influentes na retenção de água são as características e proporcionamento dos materiais constituintes da argamassa. A presença da cal e de aditivos pode melhorar essa propriedade.

4.1.2 Propriedades de Argamassas no Estado Endurecido

Estado endurecido é aquele em que, transcorrido determinado período de tempo, a argamassa alcança rigidez na sua consistência. Algumas dessas propriedades tais como: aderência, resistência mecânica, capacidade de absorver deformações e durabilidade são fundamentais para o desempenho do revestimento. Elas são melhor explicadas nos itens a seguir.

4.1.2.1 Aderência

A aderência é considerada um fator vital para o desempenho da argamassa. É destacado que "No estado endurecido, a propriedade fundamental é a aderência, sem a qual o revestimento de argamassa não atenderá a nenhuma de suas funções." (CARASEK, 2007). Sendo essa propriedade considerada de suma importância para o desempenho do revestimento e por grande parte do enfoque desse trabalho tratar sobre ela, a propriedade de aderência é melhor explicada no capítulo seguinte. Por hora, pode ser entendida, de forma simplificada, como sendo a propriedade de fixação das argamassas influenciada pela condição superficial do substrato, pelos materiais componentes da argamassa, pela capacidade de retenção de água e pela espessura do revestimento.

4.1.2.2 Resistência Mecânica

Trata-se de uma propriedade, que assim como a mencionada anteriormente (aderência), exerce grande influência no desempenho do revestimento argamassado. Conceitualmente, "A resistência mecânica diz respeito à propriedade dos revestimentos de possuírem um estado de consolidação interna capaz de suportar esforços mecânicos das mais diversas origens e que se traduzem, em geral, por tensões simultâneas de tração, compressão e cisalhamento." (CARASEK, 2007).

Dependendo das solicitações que ocorrem, pode ser necessário alcançar valores mais altos de resistências em determinadas situações. O ideal, é que se verifique estas situações na fase de projeto antes da execução. Fatores que podem influenciar para atingir os níveis de resistência desejados são apontados por Maciel et al. (1998, p. 8). Indicam que o valor de resistência alcançado:

> Depende do consumo e natureza dos agregados e aglomerantes da argamassa empregada e da técnica de execução que busca a compactação da argamassa durante a sua aplicação e acabamento.
>
> A resistência mecânica aumenta com a redução da proporção de agregado na argamassa e varia inversamente com a relação água/cimento da argamassa.

Vale destacar ainda que "Um dos principais problemas nos revestimentos, associado à resistência mecânica da argamassa, é a baixa resistência superficial, que se traduz na pulverulência, prejudicando a fixação das camadas de acabamento, como a pintura ou, mais grave ainda, as peças cerâmicas." (CARASEK, 2007).

4.1.2.3 Capacidade de Absorver Deformações

A propriedade, capacidade de absorver deformações, pode ser caracterizada como a capacidade de o revestimento suportar a pequenas tensões, sem que ocorram rupturas ou deformações que comprometam sua estrutura, aderência, estanqueidade e durabilidade. Maciel et al. (1998, p. 7) explicam que:

> As deformações podem ser de grande ou de pequena amplitude. O revestimento só tem a responsabilidade de absorver as deformações de pequena amplitude que ocorrem em função da ação da umidade ou da temperatura e não as de grande amplitude, provenientes de outros fatores, como recalques estruturais, por exemplo.

Ainda de acordo com Maciel et al. (1998, p. 8), a capacidade de absorver deformações depende:

> a) **do módulo de deformação da argamassa** - quanto menor for o módulo de deformação (menor teor de cimento), maior a capacidade de absorver deformações;
>
> b) **da espessura das camadas** - espessuras maiores contribuem para melhorar essa propriedade; entretanto, deve-se tomar cuidado para não se ter espessuras excessivas que poderão comprometer a aderência;
>
> c) **das juntas de trabalho do revestimento** - as juntas delimitam panos com dimensões menores, compatíveis com as deformações, contribuindo para a obtenção de um revestimento sem fissuras prejudiciais;

d) **da técnica de execução** - a compressão após a aplicação da argamassa e, também, a compressão durante o acabamento superficial, iniciado no momento correto, vão contribuir para o não aparecimento de fissuras.

4.1.2.4 Durabilidade

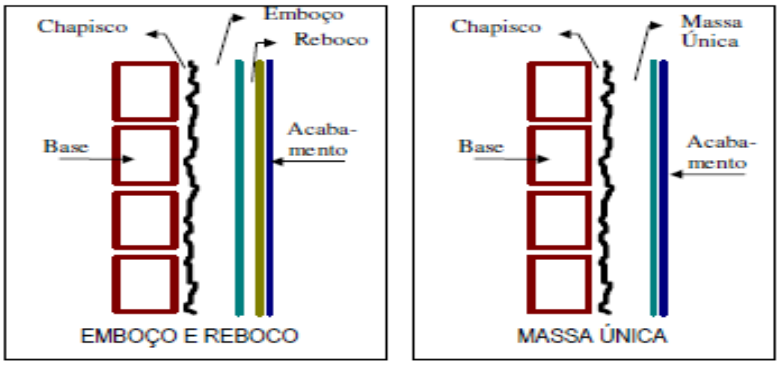
A durabilidade pode ser compreendida, como a propriedade de a argamassa conseguir manter seu desempenho, preservando suas características físicas e mecânicas, mesmo após sofrer ataques de agentes agressivos com o decorrer do tempo.

Poder prever a ocorrência de alguns desses agentes agressivos, bem como cuidados importantes a se adotar na hora da execução, podem contribuir significativamente para o aumento da durabilidade. Essa concepção é reforçada por Maciel et al. (1998, p. 10), em que o autor destaca que "Alguns fatores prejudicam a durabilidade do revestimento, tais como: a fissuração do revestimento; a espessura excessiva; a cultura e proliferação de microrganismos; a qualidade das argamassas; a falta de manutenção.".

4.2 CONSTITUIÇÃO DO REVESTIMENTO

O revestimento de argamassa pode ser composto de diferentes formas. Ele pode ser constituído por várias camadas superpostas de argamassa ou por um único tipo de argamassa, o qual é conhecido por revestimento de monocamada ou camada única. As camadas que constituem o procedimento de revestimento argamassado, bem como a base para sua aplicação, estão ilustradas na figura 3 e suas características e funções específicas são explicadas nos próximos itens.

Figura 3 – Camadas do revestimento de argamassa da vedação vertical



(fonte: MACIEL et al., 1998, p. 12)

4.2.1 Substrato

O substrato é a base para aplicação das camadas de revestimento. Usualmente as mais empregadas são bases de alvenaria cerâmica ou de concreto. Os substratos, principalmente aqueles em que não é aplicada uma camada de chapisco, podem exercer grande influência no desempenho final dos revestimentos. Isso ocorre devido a variações das características da base tais como: absorção de água, permeabilidade, deformação e textura que se manifestam de forma mais significativas quando a argamassa de revestimento é lançada diretamente sobre a superfície do substrato. Recena (2008, p. 49) enfatiza que "Superfícies muito lisas definirão certamente sistemas de baixa resistência de aderência, por melhor que possa ser a argamassa empregada.".

De acordo com a NBR 7200, "As bases de revestimento devem atender às exigências de planeza, prumo e nivelamento fixadas nas respectivas normas de alvenaria e de estruturas de concreto.". Além disso, é enfatizado nessa Norma que "A base a ser revestida deve estar limpa, livre de pó, graxa, óleo, eflorescência, materiais soltos ou quaisquer produtos ou incrustações que venham a prejudicar a aderência do revestimento." (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998, p. 5).

4.2.2 Chapisco

O chapisco é considerado como uma camada de preparo da base, funciona como uma ponte de ligação entre o substrato e o revestimento argamassado. Suas principais funções são a de aumentar a rugosidade, aumentar a área de contato efetivo com a base, conferindo-lhe uma textura rugosa, a fim de melhorar a propriedade de aderência. De acordo com a NBR 13529 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013a, p. 3), chapisco é definido como sendo a "Camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.".

No que diz respeito à aplicação do chapisco, a NBR 7200 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998, p. 6), recomenda que:

> A argamassa de chapisco deve ser aplicada com uma consistência fluída, assegurando maior facilidade de penetração da pasta de cimento na base a ser revestida e melhorando a aderência na interface revestimento-base.

> O chapisco deve ser aplicado por lançamento, com o cuidado de não cobrir completamente a base.
>
> Os aditivos que melhorem a aderência podem ser adicionados ao chapisco, desde que compatíveis com os aglomerantes empregados na confecção da argamassa de revestimento e com materiais da base. Para seu emprego, devem ser seguidas as recomendações técnicas do produto, comprovadas através de ensaios de laboratório credenciado pelo Inmetro.
>
> Em regiões de clima muito seco e quente, o chapisco deve ser protegido da ação direta do sol e do vento através de processos que mantenham a umidade da superfície no mínimo por 12 h, após a aplicação.

Vale ressaltar que nos dias de hoje existem novas técnicas de aplicação além do lançamento manual ou mecânico, como, por exemplo, a aplicação através da passagem de rolos de espuma sobre a base.

O tipo de chapisco deve ser escolhido em função das características da base e argamassa de revestimento. Para diferentes tipos de substrato podem ser utilizados diferentes tipos de chapisco, ocorrendo variações na sua composição ou técnicas de execução. Basicamente eles são classificados de três formas: tradicional, industrializado e rolado. A partir da interpretação e adaptação de uma tabela elaborada por Maciel et al. (1998, p. 31), esses três tipos de chapisco podem ser caracterizados como:

a) **chapisco tradicional:** é produzido em obra e aplicado por lançamento, geralmente com a colher de pedreiro. Constituído por argamassa de cimento, areia com granulometria de média à grossa e água, adequadamente dosada. Resulta em uma película rugosa, aderente e resistente. Sua consistência normalmente é fluida para que seja possibilitado o espalhamento no substrato de maneira rápida e eficiente. Uma desvantagem apontada por esse procedimento é o fato de que sua aplicação gera um elevado índice de desperdício, em função da reflexão do material. Pode ser empregado tanto em alvenaria como sobre em estruturas de concreto. A proporção 1:3 em volume, entre cimento e areia, é a mais usualmente adotada dentro dos canteiros de obras (MOURA, 2007, p. 51);

b) **chapisco industrializado:** é também conhecido como chapisco desempenado. Geralmente são comercializados ensacados. No preparo para utilização é necessário apenas a adição de água à mistura, quantidade que é especificada pelo fabricante, e é aplicado com o uso de desempenadeira dentada. São mais comumente indicados para aplicação em substratos pouco porosos, principalmente em superfícies de concreto, devido à sua alta adesão e resistência de aderência a estes substratos. Para viabilizar a aplicação, deve apresentar uma consistência menos fluida, semelhante a da argamassa colante;

c) **chapisco rolado:** é obtido através da mistura de cimento, areia média, água e adição de resina, acrílica ou PVC. Possui uma consistência bastante plástica. Não é aplicado por lançamento e sim com a utilização de rolos de espuma, que apresentam cavidades as quais propiciam a textura rugosa necessária a este tipo de camada de preparo. É indicado para ser usado tanto em bases de concreto quanto de alvenaria cerâmica. Possui um baixo índice de desperdício proporcionando uma elevada produtividade e um maior rendimento do material. Entretanto, é recomendável adotar um controle rigoroso sobre o procedimento de aplicação a fim de assegurar que a rugosidade desejada na superfície seja alcançada. Referente à aplicação, é recomendado a passagem do rolo de espuma sempre em um mesmo sentido, para que uma demão não danifique a anterior.

4.2.3 Emboço

Emboço pode ser entendida como uma camada intermediária com o intuito de promover a regularização da base. Normalmente acaba adquirindo a maior espessura dentre as camadas que compõem o revestimento de argamassa. Ela é responsável por exercer algumas das principais funções do conjunto de revestimento argamassado, tais como: propiciar a vedação e regularização da superfície, além de assegurar a proteção da edificação, evitando a penetração de agentes agressivos. Normalmente é constituído de uma mistura de areia, cimento e cal, que atua como a base para a aplicação da camada de reboco, devendo promover uma boa ancoragem com ele para garantir assim uma boa aderência entre as duas camadas. Emboço é definido na NBR 13529 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013a, p. 3), como sendo a “Camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final.”.

Antes de se iniciar os serviços de aplicação do emboço, devem ser respeitados determinados espaços de tempo transcorridos da conclusão de execução ou tratamento recebido pela base. O item 5.2 da NBR 7200 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998, p. 3), recomenda os seguintes prazos:

a) 28 dias de idade para as estruturas de concreto e alvenarias armadas estruturais;

b) 14 dias de idade para alvenarias não armadas estruturais e alvenaria sem função estrutural de tijolos, blocos cerâmicos, blocos de concreto e concreto celular, admitindo-se que os blocos de concreto tenham sido curados durante pelo menos 28 dias antes da sua utilização;

c) três dias de idade do chapisco para aplicação do emboço ou camada única, para climas quentes e secos, com temperatura acima de 30ºC, este prazo pode ser reduzido para dois dias.

4.2.4 Reboco

O reboco é a camada do revestimento incumbida de promover o acabamento superficial, aplicada sobre o emboço. Deve possuir uma espessura fina, propiciando uma superfície adequada para receber ou constituir-se como o acabamento do conjunto. Geralmente, é aplicado através do uso de desempenadeiras em movimentos circulares. De acordo com a NBR 13529 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013a, p. 3), reboco é a "Camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final.".

No item 5.2 da NBR 7200, recomenda-se que antes do início dos serviços de reboco, quando este for executado sobre uma camada de emboço composta predominantemente por argamassa de cal, seja respeitado um intervalo de vinte e um dias transcorridos da conclusão do emboço. Já quando o emboço for constituído por argamassas mistas ou hidráulicas, antes do inicio dos serviços deve ser adotado um intervalo de sete. Ainda de acordo com essa Norma, no seu item 9, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998, p. 6), é destacado que:

a) cada aplicação de nova camada de argamassa exige, de acordo com a finalidade e com as condições do clima, a umidificação da camada anterior;

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

4.2.5 Camada Única

Camada única é aquela na qual uma mesma camada cumpre as funções de regularização da base e acabamento. Segundo Carasek (2007, p. 6), revestimento de camada única é o "Revestimento de um único tipo de argamassa aplicado à base, sobre o qual é aplicada uma

camada decorativa, como, por exemplo, a pintura; também chamado popularmente de **massa única** ou **reboco paulista** é atualmente a alternativa mais empregada no Brasil.”. Essa camada pode receber um tipo de acabamento sarrafeado, desempenado, camurçado, raspado, tratado com produtos químicos entre outros dependendo da especificação de projeto.

Consultando-se a NBR 7200 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998, p. 6), é possível obter as recomendações e descrição dos procedimentos a serem adotados para a correta execução do revestimento de argamassa:

> a) o plano de revestimento será determinado através de pontos de referência dispostos de forma tal que a distância entre eles seja compatível com o tamanho da régua a ser utilizada no sarrafeamento. Nestes pontos, devem ser fixadas taliscas de peças planas de material cerâmico, com argamassa idêntica à que será empregada no revestimento;
>
> b) uma vez definido o plano de revestimento, faz-se o preenchimento de faixas, entre as taliscas, empregando-se argamassa, que será regularizada pela passagem da régua, constituindo as guais ou mestras;
>
> c) após o enrijecimento das guias ou mestras que permitam o apoio da régua para a operação de sarrafeamento, aplica-se a argamassa, lançando-a sobre a superfície a ser revestida, com auxilio da colher de pedreiro ou através de processo mecânico, até preencher a área desejada. Nesta mesma operação devem ser retiradas as taliscas e preenchidos os vazios;
>
> d) estando a área totalmente preenchida e tendo a argamassa adquirido consistência adequada, faz-se a retirada do excesso de argamassa e a regularização da superfície pela passagem da régua. Em seguida, preenchem-se as depressões mediante novos lançamentos de argamassa nos pontos necessários, repetindo-se a operação de sarrafeamento ate conseguir uma superfície plana e homogênea.

A seguir, a tabela 2, reproduzida da NBR 13749, estabelece as espessuras para revestimento interno e externo de paredes e tetos.

Tabela 2 – Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos

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

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013b, p. 2)

4.3 ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

De acordo com a definição da NBR 13529 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013a, p. 7), argamassa industrializada é a "Argamassa proveniente de processo controlado e dosagem precisa, em instalação industrial, fornecida embalada ou a granel.". Em termos comerciais, Recena (2008, p. 87-88) define que "Por industrializadas o mercado identifica aquelas argamassas que chegam à obra necessitando apenas do acréscimo de água para serem utilizadas. São produzidas por processos industriais bem controlados, dosadas em massa e fornecida ensacadas.".

No que se refere aos benefícios ao se optar pela utilização de argamassas industrializadas, Recena (2008, p. 88) destaca que:

> Por serem fornecidas em sacos, sua estocagem é simplificada, podendo ocorrer nas proximidades do local de aplicação onde poderá ser também misturada com a diminuição do transporte dentro da obra, permitindo um maior controle sobre o consumo do material. Também em função da sua homogeneidade este tipo de argamassa vem sendo cada vez mais aceito no mercado.

Para Oliveira (2006, p. 18), "Uma das maiores vantagens da argamassa industrializada é não precisar da medição dos materiais, exceto da água. Para a argamassa preparada em obra, se faz necessária a medição de todos os materiais constituintes para dosagem da mesma.".

5 ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS INTERNOS DE ARGAMASSA

A aderência, como já mencionado anteriormente, é uma propriedade do estado endurecido da argamassa que exerce uma grande influência sobre a qualidade final do revestimento executado.

De acordo com a definição de Maciel et al. (1998, p. 31), aderência:

> É a propriedade do revestimento manter-se fixo ao substrato, através da resistência às tensões normais e tangenciais que surgem na interface base-revestimento. É resultante da resistência de aderência à tração, da resistência de aderência ao cisalhamento e da extensão de aderência da argamassa.

É importante destacar que fatores como as propriedades da argamassa no estado fresco, as variações dos procedimentos de execução e características do substrato são variáveis importantes que contribuem para diferentes diagnósticos sobre a resistência de aderência. Neste contexto, Recena (2008, p. 49) enfoca que:

> A resistência de aderência deve ser entendida como o resultado do comportamento de um sistema, dependendo tanto das características da argamassa como das características do substrato de aplicação. A eficiência da aplicação, sempre relacionada com o fator humano, por vezes torna-se a variável mais importante no processo. Outros aspectos tais como a temperatura do ar, sua velocidade e sua umidade podem determinar que mesmos materiais acabem por definir sistemas de revestimentos com desempenhos em muito diferenciados.

A constatação de que a forma de aplicação influencia na qualidade final do revestimento, é reforçada também pela NBR 13528 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 3).

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

Além disso, uma constatação importante apontada por Recena (2008, p. 25), que pode influenciar negativamente para o desempenho do sistema, devendo ser cuidadosamente esta situação verificada no canteiro de obras, é o fato de:

> Infelizmente o que se observa em obra é a falta de critério na definição tanto do material como do traço a ser empregado na preparação das argamassas. Não raro o estabelecimento do traço é feito empiricamente pelo mestre de obras ou até pelo pedreiro, havendo, via de regra, uma preocupação imediata com a condição de trabalhabilidade e de velocidade de produção, mesmo que isso possa comprometer a qualidade final da tarefa. Em se tratando de argamassa para revestimento, a facilidade de **chapar** a argamassa e a rapidez com que poderão ser executados o reguamento e o desempenamento ditam as características do material, não raramente comprometendo a resistência mecânica, a durabilidade e a capacidade de aderência ao substrato.

As interações mecânicas, e em alguns casos químicas (quando se utiliza polímeros), que ocorrem na interface de contato entre as superfícies dos materiais constituintes do revestimento, podem ser apontadas como as principais engrenagens responsáveis pela performance da propriedade de aderência (COSTA; JOHN, 2011, p. [1]). É constatado que "[...] as interações ocorrem após o contato da matriz cimentícia ainda no estado plástico (cimento, água, aditivos) com o substrato e, vão se modificando ao longo do tempo devido à cinética de hidratação e a absorção do substrato." (COSTA; JOHN, 2011, p. [2]).

No que se refere às ligações químicas Schultz e Nardin[1] (2003 apud COSTA; JOHN, 2011, p. [6]) ressaltam que:

> Um dos mais importantes campos de aderência envolvendo ligações químicas é o uso das moléculas promovedoras de adesão, geralmente denominadas agentes de acoplamento – polímeros. Essas espécies são capazes de reagir quimicamente em ambas as extremidades, com o substrato em um lado e polímero no outro, formando uma ponte química na interface.

Porém, as interações mecânicas podem ser consideradas como as principais responsáveis pela aderência entre argamassa e substrato cerâmico. É o que fica compreendido de acordo com as considerações de Carasek[2] (1996 apud COSTA; JOHN, 2011, p. [8]), Carvalho[3] (2005 apud

[1] SCHULTZ, J.; NARDIN, M. Theories and Mechanisms of Adhesion**.** In: **Handbook of Adhesive Technology, Revised and Expanded**. United States: Pizzi, A; Mittal, K. L; 2003

[2] CARASEK, H. **Aderência de Argamassas à Base de Cimento Portland a Substratos Porosos**: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação. 1996. 285 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

[3] CARVALHO JÚNIOR, A. N. **Avaliação da Aderência dos Revestimentos Argamassados:** uma contribuição à identificação do sistema de aderência mecânico. 2005. 331 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

COSTA; JOHN, 2011, p. [8]), Detriche e Maso[4] (1986 apud COSTA; JOHN, 2011, p. [8]), Sugo[5] (2000 apud COSTA; JOHN, 2011, p. [8]):

> A teoria de intertravamento mecânico é tida na área de argamassas como a principal responsável pela aderência argamassa-alvenaria. Assume-se que, após o contato da matriz com o substrato, parte da pasta penetra nos macroporos e nas rugosidades da base e, em bases absorventes, além da matriz, a água de amassamento saturada com íons dissolvidos do ligante penetra nos poros e nas cavidades da base. Neste último caso, no interior dos poros ocorrem os fenômenos de precipitação dos produtos de hidratação do ligante e depois de algum tempo, esses precipitados intracapilares exercem a ação de ancoragem da argamassa ao substrato.

Dentro desse contexto, Recena (2008, p. 35) chama a atenção para um importante fator a se considerar:

> Quanto à aderência ao substrato, é preciso ressaltar que toda bolha de ar que se situar na interface argamassa/substrato representará uma solução de continuidade diminuindo o contato da argamassa com o substrato. Outro fator importante é a constatação de que em argamassa de baixo consumo de aglomerante é igualmente reduzida a capacidade de retenção de água o que também compromete a eficiência da ligação da argamassa ao substrato.

Aliado a isso, outro aspecto de grande importância a destacar é a capacidade de absorção do substrato, que ocorre através de forças capilares. Essa capacidade pode ser relacionada à porosidade que a base possui, estando diretamente associada ao processo de fabricação da mesma. Aí fica evidenciada uma das vantagens dos blocos cerâmicos em relações aos tijolos, pois os blocos são confeccionados por meio de procedimentos controlados rigorosamente em fábricas, os quais garantem a padronização das propriedades adquiridas pelas peças produzidas. Também deve ser observado que a quantidade de água na interface pode sofrer variações, pois esta depende de um balanço hídrico resultante da capacidade de absorção do substrato, propriedade de retenção de água da argamassa e perdas ocasionada por interações com o meio ambiente (evaporação) (COSTA; JOHN, 2011, p. [17-18]). A partir dessas considerações, de acordo com Costa e John (2011, p. [19]):

> [...] torna-se necessário controlar a quantidade de água na interface, seja pelas características de absorção do substrato ou capacidade de retenção da matriz, de modo a favorecer a consolidação dos produtos de hidratação diminuindo a porosidade da interface. A hidratação irá continuar até que os ligantes tenham sido consumidos ou não haja água disponível no sistema.

---

[4] DETRICHE, C. H., MASO, J. C. Differential hydration in rendering mortars. **Cement and Concrete Research.** 1986, v. 16, p. 429–439.

[5] SUGO, H. O. **Strength and Microstructural Characteristics of Brick/Mortar Bond.** 2000. 501 p. Thesis (Doctorate in Civil Engineering) – University of Newcastle, Austrália, 2000.

> A sucção do substrato possui efeitos benéficos na formação da aderência. Além da redução água/sólidos na interface, devido à ação das forças capilares ocorre uma aproximação das partículas produzindo uma interface menos porosa, modificando os cristais formados nesta região. No entanto, se a sucção for excessiva, pode faltar água ao sistema para hidratação dos ligantes.

Outro quesito a ser ressaltado é que "Para haver uma boa aderência a matriz deve recobrir toda a superfície do substrato, devendo para isso apresentar características reológicas, empacotamento e distribuição das partículas da matriz adequadas às características superficiais do substrato (rugosidade e porosidade)." (COSTA; JOHN, 2011, p. [19-20]). Conforme mencionado no capítulo anterior, no quesito de rugosidade, é conveniente reforçar que "Uma prática comum para aumentar a rugosidade da base, em sistemas de revestimento de argamassa, é aplicação de **chapisco**. As pesquisas têm mostrado que este tipo de preparo da base possibilita maiores resistências de aderência em blocos cerâmicos." (CANDIA; FRANCO[6], 1998 apud COSTA; JOHN, 2011, p. [7]; SCARTEZINI[7], 2002 apud COSTA; JOHN, 2011, p. [7]).

Para se avaliar a aderência do revestimento de argamassa executado tanto sobre substratos cerâmicos ou bases de concreto, a Norma recomenda a realização de um ensaio para verificação da resistência de aderência à tração. Este ensaio deve ser realizado com base nas recomendações prescritas na NBR 13528/2010 – Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas – Determinação da Resistência de Aderência à Tração. As indicações dos procedimentos a serem adotados para realização do ensaio, bem como as situações de execução proposta para análise por este trabalho, são descritas nos próximos capítulos.

[6] CANDIA, M. C.; FRANCO, L. S. **Contribuição ao estudo das técnicas de preparo da base no desempenho dos revestimentos de argamassa**. São Paulo: EPUSP, 1998. 13 p. Boletim Técnico PCC n. 223.

[7] SCARTEZINI, L. M. **Influência do tipo e do preparo do substrato na aderência de revestimentos de argamassa**: estudo da evolução ao longo do tempo, influência da cura e avaliação da perda de água da argamassa fresca. 2002. 262 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Goiás, Goiana, 2002.

6 ENSAIO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

Para conseguir se avaliar a resistência de aderência dos revestimentos argamassados, se aplica um ensaio para verificação da força de tração necessária para seu arrancamento. Este ensaio deve ser realizado com base nas recomendações prescritas na NBR 13528/2010 – Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas – determinação da resistência de aderência à tração

Sendo assim, o presente capítulo tem por finalidade apresentar as recomendações e diretrizes, prevista em Norma, para verificação da resistência de aderência à tração e posteriormente relatar os procedimentos e materiais utilizados efetivamente na realização do ensaio neste trabalho.

6.1 PRINCIPAIS CONCEITOS E RECOMENDAÇÕES DA NBR 13528/2010

No que se refere à aparelhagem, ferramentas e materiais a NBR 13528 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010) conceitua como:

a) **dinamômetro:** equipamento de tração que permita a aplicação contínua de carga, de fácil manuseio, dotado de dispositivo para leitura de carga, que apresente um erro máximo de 2%. É importante destacar que o equipamento deve propiciar a aplicação de carga centrada e ortogonal ao plano do revestimento;

b) **pastilha:** peça metálica circular não deformável sob a carga do ensaio. Deve apresentar seção circular com aproximadamente 50 mm de diâmetro, com dispositivo no centro para o acoplamento do equipamento de tração;

c) **serra copo:** consiste em um copo cilíndrico de altura superior à espessura do sistema de revestimento ensaiado, com borda diamantada, provida de um dispositivo que garanta a estabilidade do copo durante o corte, de modo a evitar vibrações prejudiciais à integridade do corpo de prova;

d) **paquímetro:** ferramenta que serve para determinar a espessura do revestimento e o diâmetro do corpo de prova. O paquímetro deve possuir escala em milímetros, com resolução de no mínimo 0,1 mm;

e) **cola:** deve ser à base de resina epóxi, poliéster ou similar e destina-se a colagem da pastilha na superfície do corpo de prova. A cola deve apresentar propriedades mecânicas compatíveis com o sistema em ensaio e atender às condições de umidade do revestimento.

Para realização do ensaio, primeiramente, deve ser respeitado o período necessário de dias transcorridos para a cura do revestimento. Conforme já mencionado em capítulos anteriores (cap. 4, p. 32-33), é importante o prazo de tempo transcorrido para a execução de cada etapa da montagem dos prismas. Também se faz necessário, um mínimo de 28 dias de conclusão do revestimento para realização do ensaio de aderência. Outro fator importante que a Norma destaca é referente à limpeza que deve ser realizada na superfície do substrato para a eliminação de agentes contaminantes (óleos, poeira e outros) que possam prejudicar a aderência entre a argamassa e o substrato.

São necessários para cada ensaio 12 corpos de prova de mesmas características (tipo e preparo do substrato, argamassa de revestimento, forma de aplicação da argamassa, idade do revestimento). A distribuição dos corpos de prova ao longo do prisma revestido deve ser feita de forma aleatória, atentando-se para o espaçamento mínimo de 50 mm entre eles e em relação aos cantos e quinas. Devem estar contempladas áreas de juntas no espalhamento dos corpos de prova.

Em relação ao corte executado para retirada dos corpos de prova, em nenhum caso ele deve prejudicar a integridade do revestimento. É importante assegurar que o revestimento esteja seco no momento da colagem da pastilha e da execução do ensaio, pois a umidade do revestimento pode influenciar nos valores de aderência e coeficientes de variação. Além disso, outro importante fator a se assegurar, é que o corte deve ser realizado mantendo sempre o equipamento em posição ortogonal à superfície e também que ele deve ser estendido de 1 mm a 5 mm dentro do substrato.

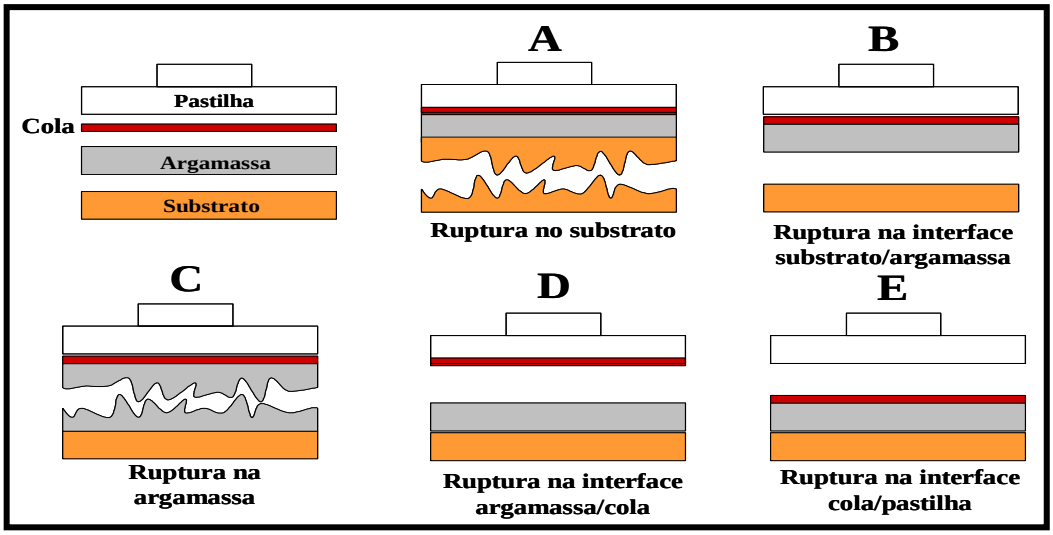
No que se refere à colagem das pastilhas, tanto elas quanto a superfície do corpo de prova do revestimento devem estar limpas para que não haja resquícios de partículas soltas. A cola deve ser aplicada de forma bem homogeneizada, com espátula sobre a pastilha metálica e esta deve ser colada totalmente centrada no corpo de prova do revestimento delimitado pelo corte, evitando-se assim a aplicação de esforços excêntricos. É importante assegurar que a espessura da camada de cola não ultrapasse 5 mm. Após estes procedimentos, deve ser aguardado o tempo recomendado pelo fabricante para a secagem da cola.

A Norma também recomenda que antes de iniciar o ensaio, devem ser retiradas três amostras da região do revestimento que será ensaiada para determinação da umidade. Na realização do

procedimento, deve ser aplicado um esforço de tração perpendicularmente ao corpo de prova com taxa de carregamento constante, até a sua ruptura. Após ocorrida esta etapa, de acordo com a planilha proposta em Norma para apresentação dos resultados, é importante anotar a tensão de ruptura obtida, determinar o diâmetro com auxílio do paquímetro, além de examinar e registrar, com seus respectivos percentuais, as formas de ruptura de cada corpo de prova.

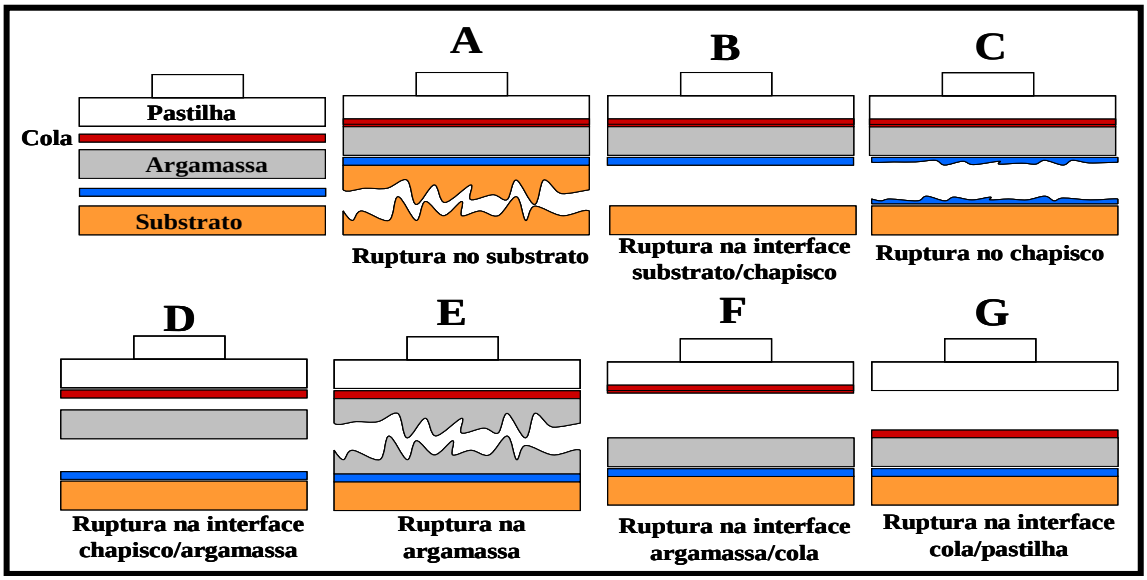
Sendo considerada de grande importância esta análise sobre as diferentes formas de ruptura, as figuras 4 e 5 ilustram as formas como elas podem ocorrem.

Figura 4 – Formas de ruptura para um sistema sem chapisco



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010)

Figura 5 – Formas de ruptura para um sistema com chapisco



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010)

Sendo descritas também nessa Norma como devem ser interpretados essas diferentes formas de ruptura (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010):

> No caso da ruptura na interface argamassa/substrato, conforme exemplo B da [...] [Figura 4], e ruptura na interface substrato/chapisco e chapisco/argamassa (exemplos B e D da [...] [Figura 5]), o valor da resistência de aderência à tração é igual ao valor obtido no ensaio.
>
> No caso das demais rupturas, mostradas nas Figuras [...] [4 e 5], a resistência de aderência não foi determinada e é maior do que o valor obtido no ensaio; o valor obtido no ensaio deve ser apresentado precedido pelo sinal maior que (>).
>
> A ruptura na interface cola/pastilha, conforme exemplos E da [...] [Figura 4] e G da [...] [Figura 5], indica imperfeição na colagem da pastilha e o resultado deve ser desprezado.
>
> Quando ocorrem diferentes formas de ruptura no mesmo corpo de prova, anotar a porcentagem aproximada da área de cada um dos tipos de ruptura.

Por fim, é ressaltado que no relatório final devem constar os dados sobre características do equipamento de corte e tração utilizados, além de apresentar resultados individuais de resistência à aderência, associados aos percentuais dos tipos de rupturas obtidos.

6.2 REALIZAÇÃO DO ENSAIO DE ADERÊNCIA

Com a finalidade de se estudar a aderência de revestimentos internos argamassados em substratos cerâmicos, nas dependências do laboratório do Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (Norie), pertencente à escola de engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), foram moldados três prismas de dimensões 90x80x9 cm em que foram utilizados blocos cerâmicos de dimensões L9/H19/C29 cedidos por uma determinada empresa. Para o assentamento, foi utilizada uma argamassa industrializada específica para este fim. Essa dimensão para confecção dos prismas foi fixada para que se fosse possível distribuir corretamente os doze corpos de prova, seguindo as recomendações de espaçamento e distribuição entre eles previstas em Norma. Os prismas, ao longo de todo o seu processo de construção e cura, foram armazenados em câmeras fechadas, de temperatura ambiente, garantindo-se assim a não interferência de chuvas e outras formas de intempéries sobre eles.

Figura 6 – Moldagem inicial com assentamento dos blocos cerâmicos

(fonte: foto do autor)

Transcorridos quinze dias de seu assentamento, a Norma estipula um mínimo de quatorze, foi realizado a segunda etapa no processo de montagem dos prismas para o ensaio de aderência, a aplicação de chapiscos. Conforme a proposta desse trabalho, em um dos prismas foi aplicada a técnica de chapisco tradicional, em outro a de chapisco rolado e no terceiro não foi aplicado nenhum tipo de chapisco, deixando assim a superfície do bloco cerâmico livre para entrar em contato direto com a argamassa. Para compor os chapiscos foi escolhido o cimento Portland Pozolânico (CP IV-32), devido a sua grande oferta e emprego no mercado regional, e areia seca denominada comercialmente como média. A composição do traço adotado foi a de 1:3 em volume. Vale ressaltar que, apesar da medida em volume apresentar menor precisão do que em massa, toda a produção dos tipos de chapisco e argamassa utilizada na confecção de um modelo de prisma, foi realizada em uma única vez, justamente para se diminuir a possibilidade de variabilidade na confecção. Na composição do chapisco rolado, foi utilizado o mesmo tipo e traço de cimento e areia, porém com o incremento de uma resina sintética a base de PVA incorporada à água de amassamento na proporção de 1:2 indicada pelo fabricante. Para acréscimo da quantidade de água nos chapiscos, primeiramente foi estipulado um volume máximo que poderia ser adicionado, de acordo com as relações indicadas nas embalagens dos insumos utilizados, posteriormente no instante que a mistura foi sendo preparada foram sendo colocadas determinadas medidas de água ao conjunto, de acordo com a faixa de volume permitida, até se conseguir obter a trabalhabilidade desejada para cada caso. As relações água/cimento utilizadas no chapisco tradicional e rolado, foram respectivamente 1,0 e 1,2 em volume. A aplicação do chapisco tradicional sobre os substratos cerâmicos foi realizada por lançamento manual com auxilio de uma colher de pedreiro, já a aplicação do chapisco rolado foi efetuada através da passagem de rolo de espuma, com a

textura recomendada para execução deste tipo de serviço. É importante ressaltar que os serviços de assentamento, aplicação de chapisco e posterior execução de revestimento argamassado foram todos executados pela mesma pessoa. No caso trata-se de um profissional experiente, vinculado ao laboratório do Norie, que presta estes tipos de serviços já há alguns anos. A figura 7 representa à esquerda o prisma que recebeu chapisco rolado e à direita o executado com chapisco tradicional.

Figura 7 – Aspecto dos prismas após receberem os chapiscos

(fonte: foto do autor)

Passados seis dias após a execução dos chapiscos, a Norma estipula um mínimo de três, foi possível proceder com a última parte na preparação dos prismas, que é a parte de aplicação do revestimento de argamassa. A opção deste trabalho foi pelo emprego de argamassa industrializada, já que é possivelmente, de acordo com observações realizadas e relatos de pessoas que atuam nesse ramo de atividade, a mais utilizada atualmente em canteiro de obras para execução de revestimentos internos. A argamassa escolhida foi a disponibilizada por uma fábrica líder de mercado, já vindo ensacada, sendo necessário apenas a adição de água, na quantidade indicada na embalagem pelo fabricante, no momento do preparo ocorrido na argamassadeira para sua utilização. Seguindo as recomendações de Norma para espessura do revestimento, já apresentada em capítulos anteriores, fixou-se a marca de 20 mm como espessura a adotar. Para assegurar a obtenção desta medida em toda a superfície do prisma, foram construídos gabaritos de madeira em seu entorno com esta profundidade. A aplicação de argamassa foi realizada através de lançamento manual por meio de uma colher de pedreiro.

Após o termino da fase de emassamento o revestimento foi sarrafeado, utilizou-se os gabaritos do entorno como mestras e uma régua metálica apropriada, que foi passada de baixo para cima, com a finalidade de retirar o excesso de material chapeado. Por fim, foi realizado o acabamento da superfície com a utilização de uma desempenadeira de madeira.

Figura 8 – Revestimento de argamassa executado

(fonte: foto do autor)

Concluídas todas as etapas de montagem e preparação dos prismas, foi necessário esperar o tempo de cura do revestimento, mínimo de 28 dias de acordo com a Norma, para poder ser realizado o ensaio de aderência da resistência do revestimento à tração. Na prática, na execução do ensaio, já haviam transcorrido 52 dias da conclusão dos serviços de aplicação do revestimento argamassado. Na confecção dos corpos de prova com seção circular de diâmetro médio aproximado de 50 mm, preparados no dia anterior ao ensaio, primeiramente foi realizado o corte a seco com serra copo diamantada, com profundidade além da argamassa (penetração de aproximadamente 2 mm no substrato). Após o corte, foram coladas pastilhas metálicas. A colagem das pastilhas foi efetuada por meio de cola epóxi bi-componente de secagem rápida (transparente 10 min.). No dia posterior, foi acoplado às pastilhas um equipamento de tração do tipo digital, dinamômetro (modelo PosiTest AT-A), com taxa de carregamento aproximada de 50 N/s. O equipamento transferia uma carga de tração as pastilhas até o instante em que ocorria o desprendimento do revestimento. Após a ruptura,

anotou-se a carga que a ocasionou, realizou-se a medição do diâmetro nominal do corpo de prova arrancado, bem como a anotação das porcentagens do tipo de rupturas correspondentes a cada parte do corpo de prova, a fim de preencher a planilha, proposta em Norma, que serve para a análise e conclusões do ensaio.

As figuras 9 a 11 ilustram alguns dos materiais e procedimentos efetuados no ensaio.

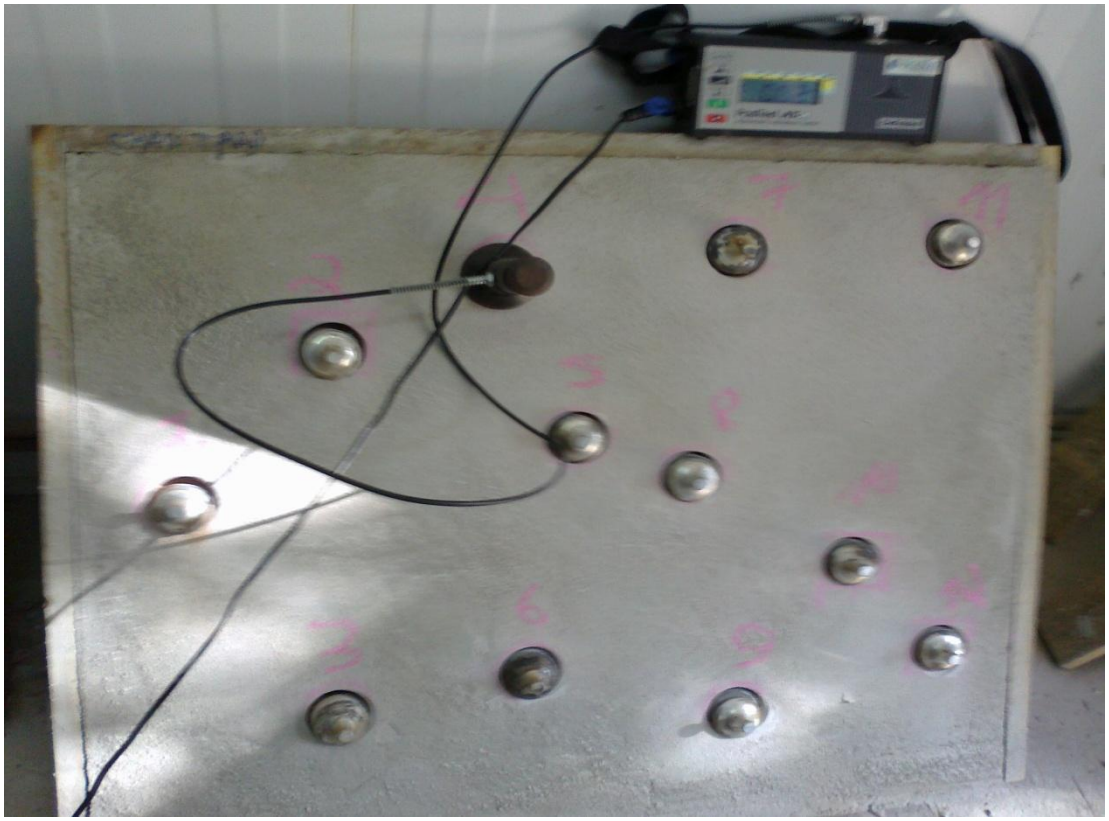
Figura 9 – Pastilhas metálicas

(fonte: foto do autor)

Figura 10 – Cortes executados no revestimento

(fonte: foto do autor)

Figura 11 – Execução do ensaio de aderência



(fonte: foto do autor)

É importante ressaltar que foram retiradas três amostras de cada prisma para posterior determinação do teor de umidade do revestimento. Após concluído o ensaio e com todos os dados obtidos, com as planilhas devidamente preenchidas, foi possível partir para etapa de avaliação dos resultados, os quais são apresentados no capítulo seguinte.

7 APRESENTAÇÃO E DISCUSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentadas as planilhas com os valores de tensão de rupturas, formas, espessuras e demais informações importantes, que permitem fazer uma avaliação sobre as condições de aderência dos revestimentos argamassados propostos.

No que se refere às condições de aderência do revestimento, a NBR 13749/2013b – Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas – especificação, recomenda que o revestimento deve ser aceito se a cada grupo de doze corpos de prova ensaiados pelo menos oito apresentarem valores iguais ou superiores aos limites estabelecidos em Norma, conforme indicados no quadro 1.

Quadro 1 – Limites da resistência de aderência à tração

Local		Acabamento	Ra (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, 2013b, p. 3)

Tendo este quadro como referência para comparações, a seguir são apresentadas as tabelas 3 a 5 com os valores obtidos na realização do ensaio de resistência à aderência para revestimentos internos argamassados executados sem chapisco, com chapisco tradicional e rolado.

Tabela 3 – Valores do ensaio de aderência para revestimentos sem chapisco.

- Planilha para anotação de resultados em sistemas sem chapisco -

CORPO DE PROVA					LOCAL DO ENSAIO (%)		Carga de Ruptura (N)	Tensão Ra (MPa)	FORMA DE RUPTURA (%)						Espessura (mm)
Nº	d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	Área (mm²)	Bloco	Junta			Sub.	Sub/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past	
1	51	51	51	2042,82	100	0	1429,97	0,70		100					2,2
2	51	50	50,5	2002,96	80	20	1141,69	0,57		100					2,1
3	52	51	51,5	2083,07	100	0	1062,37	0,51		100					2,2
4	51	51,5	51,25	2062,90	100	0	866,42	0,42		100					2,1
5	50,5	51	50,75	2022,84	80	20	849,59	0,42		100					2,3
6	50	50	50	1963,50	0	0	x	x					100		2,1
7	50	50,5	50,25	1983,18	100	0	872,60	0,44		100					2,0
8	51	51	51	2042,82	100	0	1164,41	0,57		100					2,1
9	51	51,5	51,25	2062,90	100	0	1010,82	0,49		100					2,0
10	51	50,5	50,75	2022,84	100	0	1254,16	0,62		100					2,1
11	50	50	50	1963,50	0	0	x	x					100		2,2
12	51	51	51	2042,82	80	20	1103,12	0,54		100					2,1

Resultados:

Valores de Ra acima de 0,2 MPa: **10 valores**

Média das resistências válidas: **0,53**

Desvio Padrão: **0,09**

Informações Revestimento

Nº	Unidade %				Espessura (mm)
	Mi (g)	Mu (g)	Ms (g)	w (%)	
1	6,5	117,3	106,7	3,85	2,3
2	5,1	115,4	104,1	5,95	2,6
3	3,9	111,1	103,9	3,18	2,4

Umidade Média (%): **4,33**

LEGENDA:

d1: diâmetro medido em uma direção
d2: diâmetro medido em direção oposta à d1
dm: diâmetro médio
Ra: resistência de aderência
Sub: substrato
Arg: argamassa
Past: pastilha
Mi: massa do recepiente
Ms: massa seca do testemunho
Mu: massa úmida do testemunho + a massa do recepiente

(fonte: adaptado pelo autor)

Tabela 4 – Valores do ensaio de aderência para revestimentos com chapisco tradicional.

- Planilha para anotação de resultados em sistemas com chapisco -

CORPO DE PROVA					LOCAL DO ENSAIO (%)		Carga de Ruptura (N)	Tensão Ra (MPa)	FORMA DE RUPTURA (%)							Espessura (mm)
Nº	d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	Área (mm²)	Bloco	Junta			Sub.	Sub/Chap	Chap	Chap/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola/Past	
1	50	50,5	50,25	1983,179	100	0	1427,89	0,72		100						2,6
2	50	50,5	50,25	1983,179	100	0	1269,23	0,64			100					2,4
3	50	50,5	50,25	1983,179	100	0	1031,25	0,52		85		15				2,3
4	50	51	50,5	2002,961	100	0	1181,75	0,59				100				2,2
5	50,5	50,5	50,5	2002,961	100	0	1622,40	0,81				100				2,3
6	50	50	50	1963,495	100	0	1394,08	0,71		20		80				2,1
7	50	51	50,5	2002,961	100	0	701,04	0,35		35		65				2,2
8	50	50,5	50,25	1983,179	80	20	1130,41	0,57		10		90				2,2
9	51	50,5	50,75	2022,842	70	30	788,91	0,39		90		10				2,6
10	50,5	50	50,25	1983,179	0	0	x	x							100	x
11	50,5	50,5	50,5	2002,961	100	0	1201,78	0,60		100						2,65
12	51	51	51	2042,82	80	20	1286,98	0,63		100						2,6

Resultados:

Valores de Ra acima de 0,2 MPa: **11 valores**

Média das resistências válidas: **0,59**

Desvio Padrão: **0,13**

Informações Revestimento

Nº	Unidade %				Espessura (mm)
	Mi (g)	Mu (g)	Ms (g)	w (%)	
1	9,2	91,4	78,5	4,71	2,5
2	7,4	75,2	65,3	3,83	2,6
3	6,3	116,2	105,1	4,56	2,9

Umidade Média (%): **4,37**

LEGENDA:

d1: diâmetro medido em uma direção
d2: diâmetro medido em direção oposta à d1
dm: diâmetro médio
Ra: resistência de aderência
Sub: substrato
Arg: argamassa
Past: pastilha
Mi: massa do recepiente
Ms: massa seca do testemunho
Mu: massa úmida do testemunho + a massa do recepiente

(fonte: adaptado pelo autor)

Tabela 5 – Valores do ensaio de aderência para revestimentos com chapisco rolado.

- Planilha para anotação de resultados em sistemas com chapisco -

CORPO DE PROVA					LOCAL DO ENSAIO (%)		Carga de Ruptura (N)	Tensão Ra (MPa)	FORMA DE RUPTURA (%)							Espessura (mm)
Nº	d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	Área (mm²)	Bloco	Junta			Sub.	Sub/Chap	Chap	Chap/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola/Past	
1	50	50	50	1963,50	0	0	x	x							100	0,1
2	50	50,5	50,25	1983,18	100	0	713,94	0,36					100			0,35
3	50	50	50	1963,50	100	0	569,41	0,29				100				2,2
4	51	51	51	2042,82	100	0	1409,55	0,69					100			2,1
5	50,5	50,5	50,5	2002,96	100	0	1101,63	0,55				100				2,1
6	50,5	50,5	50,5	2002,96	100	0	1041,54	0,52				100				2,1
7	50,5	50,5	50,5	2002,96	100	0	961,42	0,48					100			2,0
8	50	50,5	50,25	1983,18	100	0	872,60	0,44				100				2,0
9	51	50,5	50,75	2022,84	80	20	546,17	0,27				10	90			2,0
10	50	50,5	50,25	1983,18	100	0	773,44	0,39					100			2,1
11	51	51	51	2042,82	100	0	898,84	0,44				5	95			2,2
12	51	50,5	50,75	2022,84	80	20	1132,79	0,56				5	95			1,9

Resultados:

Valores de Ra acima de 0,2 MPa: **11 valores**

Média das resistências válidas: **0,45**

Desvio Padrão: **0,12**

Informações Revestimento

Nº	Unidade %				Espessura (mm)
	Mi (g)	Mu (g)	Ms (g)	w (%)	
1	8,3	89,1	76,4	5,76	2,2
2	7,1	88,6	76,9	5,98	2,2
3	6,5	88,0	77	5,84	2,3

Umidade Média (%): **5,86**

LEGENDA:

d1: diâmetro medido em uma direção
d2: diâmetro medido em direção oposta à d1
dm: diâmetro médio
Ra: resistência de aderência
Sub: substrato
Arg: argamassa
Past: pastilha
Mi: massa do recepiente
Ms: massa seca do testemunho
Mu: massa úmida do testemunho + a massa do recepiente

(fonte: adaptado pelo autor)

Com base nos resultados obtidos pela realização dos ensaios, é possível constatar que, todos os três procedimentos propostos por este trabalho, atingiram os valores mínimos exigidos pela Norma. Foi verificado que o revestimento executado sem chapisco apresentou dez valores de resistências acima de 0,2 MPa, enquanto que no revestimento argamassado com chapisco tradicional, dos doze corpos de prova retirados, onze valores foram acima de 0,2 MPa. O mesmo resultado foi obtido pelo procedimento com chapisco rolado, onze valores acima de 0,2 MPa. Com isso, atendendo a recomendação estabelecida, pode ser aceito e considerado como de boa qualidade para o cumprimento de suas funções os revestimentos argamassados executados.

Entretanto, a fim de se realizar uma comparação entre os procedimentos de execução distintos, é importante se analisar como ocorrem as formas de ruptura, em que camadas do revestimento ela efetivamente se manifesta. Conforme apresentado nas planilhas dos ensaios, pode se constatar que as rupturas no procedimento sem chapisco, das doze amostras retiradas para verificação em dez delas ocorreu à ruptura no contato entre o substrato e argamassa. Já as rupturas no revestimento argamassado com a execução de chapisco tradicional, apresentaram dez desprendimentos percentualmente distribuídos em dois grupos: na interface entre o substrato e chapisco, e também no encontro da camada de chapisco com a de argamassa. Sendo assim, pôde ser constatado que para estes dois tipos de procedimentos as rupturas ocorrem preferencialmente na interface de encontro entre as diferentes camadas constituintes do revestimento. Por sua vez, na técnica de aplicação do chapisco rolado dos doze corpos de prova retirados, quatro rupturas ocorreram na zona de encontro entre o chapisco com a argamassa e outros sete desprendimentos foram observados predominantemente apenas na camada de argamassa, caracterizando uma importante diferença a ser observada na comparação dos três procedimentos. Com o mesmo intuito de se estabelecer comparações, foi calculada uma média entre os valores de resistência à aderência apresentados. Sendo observados os valores mais altos para o procedimento de execução de chapisco tradicional (0,59 MPa), seguido do sem chapisco (0,53 MPa) e por fim o de chapisco rolado (0,45 MPa).

Com esses indicadores, ao se fazer uma análise da resistência à aderência global apresentada pelo revestimento, levando-se em conta o desempenho em conjunto das camadas que o compõem, verifica-se que a apresentada pelo procedimento de execução com chapisco rolado foi a menor encontrada. Algumas das prováveis razões para esse desempenho apresentado,

possivelmente, podem estar relacionadas ao método de aplicação, aplicado através da passagem de rolo de espuma sobre a base, o qual não emprega a energia mecânica proveniente do lançamento manual. Além disso, outro fator apontado é o fato de a resina em base PVA, à medida que com o transcorrer do tempo desde sua aplicação, ir formando uma película, um filme polimérico pouco permeável que dificulta a penetração nos poros e acaba por diminuir a ancoragem mecânica com a argamassa. Trabalhos referentes a este assunto em específico, influência do tipo de polímero adicionado na preparação do chapisco rolado, desenvolvido por autores como Pedro Cláudio Ribeiro, Luís Maurício Scartezini entre outros, demonstraram que com um menor tempo de cura, a resistência de aderência do revestimento argamassado verificada é mais alta. Também é conveniente considerar a influência do teor de umidade da argamassa de revestimento na ruptura. É observado nas planilhas de execução do ensaio que na medida em que aumenta o teor de umidade, diminui a resistência de aderência. O procedimento com chapisco rolado é justamente aquele que apresenta o maior índice de umidade média (5,86%), contra (4,37%) do chapisco tradicional e (4,33%) do procedimento executado sem chapisco.

Por outro lado, se analisarmos isoladamente cada camada constituinte do revestimento, ao se analisar somente a aderência dos chapiscos com o bloco cerâmico, com base nas rupturas observadas, pode ser considerado o chapisco rolado como aquele que atingiu, embora não mensurável, a mais alta resistência. É verificado que em muitos corpos de prova a ruptura ocorre na camada de argamassa e também na de encontro entre chapisco e argamassa, deixando grande parte do chapisco aderida ao substrato. Logo, como grande parte do chapisco ficou aderida ao substrato, é possível concluir que a resistência do chapisco rolado foi superior ao valor da ruptura verificada no revestimento que se manifestou na camada de argamassa. É diferente do que se observa no chapisco tradicional, em que grande parte do chapisco é arrancado com a extração do corpo de prova, deixando assim a superfície daquela região do substrato aparente.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste trabalho, de verificar a resistência de aderência para revestimentos argamassados internos executados sobre blocos cerâmicos com e sem a execução de chapisco, foi atingido. É possível constatar que tanto o procedimento sem chapisco quanto os executados com chapisco tradicional e rolado, superaram aos valores mínimos, de resistência à aderência, estabelecidos em Norma, sendo considerados aptos para a sua aceitação.

Ao longo deste trabalho, foram apontadas características dos blocos cerâmicos e corretas formas de armazenamento, a fim de garantir suas condições ideais no momento da utilização. Da mesma maneira, em relação às argamassas, foram abordadas as suas principais propriedades e como estas podem influenciar no desempenho do revestimento argamassado.

Com a realização dos ensaios de aderência foi possível constatar que, a princípio, é válido, para revestimentos internos argamassados, aplicar a argamassa diretamente sobre o substrato de bloco cerâmico sem a execução do chapisco. Sendo possível com a eliminação desta etapa, obter um ganho na velocidade de produção e redução dos custos com a mão de obra e materiais para produção do chapisco. Essa constatação vai ao encontro do que é citado pelo fabricante dos blocos, que aponta na possibilidade de eliminação dessa etapa uma das principais vantagens para se optar pela substituição dos tradicionais tijolos furado por blocos cerâmicos produzidos por procedimentos rigorosamente controlados em fábrica.

Entretanto, conforme relatado ao longo deste trabalho, uma serie de fatores podem influenciar nas condições finais do revestimento. É importante ressaltar que para a realização desta verificação em laboratório, todas as recomendações previstas em Norma, tais como: condições de armazenamento dos insumos, dosagens no preparo, prazos e condições de cura, além do trabalho de execução por parte da mão de obra, foram cuidadosamente seguidos. Condições essas que nem sempre são adotadas dentro dos canteiros de obras, sendo muitas vezes comum o descaso com alguns desses cuidados, os quais podem acabar por alterar alguma propriedade dos materiais envolvidos e comprometer o valor de aderência do revestimento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **Informações Técnicas**: processos de fabricação. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.abceram.org.br/site/?area=4&submenu=50> Acesso em: 12 mar. 2014.

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

_____. **NBR 15270-1:** componentes cerâmicos parte 1: blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – terminologia e requesitos. Rio de Janeiro, 2005a.

_____. **NBR 15270-2:** componentes cerâmicos parte 2: blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – terminologia e requesitos. Rio de Janeiro, 2005b.

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

_____. **NBR 13529:** revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – terminologia. Rio de Janeiro, 2013a.

_____. **NBR 13749:** revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – especificação. Rio de Janeiro, 2013b.

CARASEK, H. Argamassas. In: Isaia, G. C. (Org.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo: Ibracon, 2007. p. 863 - 904.

COSTA, E. B. C.; JOHN, V. M. Aderência substrato – matriz cimentícia: estado da arte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSA, 9., 2011, Belo Horizonte. **Anais...** Porto Alegre: Antac, 2011. Não paginado. 1 CD-ROM.

MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. **Recomendações para execução de revestimentos de argamassas para paredes de vedação internas e exteriores e tetos**. São Paulo: EPUSP, 1998.

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 Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia. Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

MONEGATTO, K. R. B. **Do Artífice ao Peão:** a constituição e a quebra do reconhecimento do trabalhador da construção civil – referencial teórico e histórico. 2008. 171 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

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

PAULUZZI PRODUTOS CERÂMICOS LTDA. **Alvenaria de Vedação**: alvenarias. Sapucaia do Sul, 2012. Disponível em: <http://www.pauluzzi.com.br/vedacao.php?PHPSESSID=ccd0dd0c90aa9901b2a2e49d3182897c> Acesso em: 20 maio 2014.

RECENA, F. A. P. **Conhecendo Argamassa.** 1. ed. (1. reimpressão). Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008 (reimpressão 2011).

RIBEIRO, P. C.,MACEDO,D. C. B, CARASEK, H. Influência do tipo de polímero e da técnica de execução do chapisco rolado na aderência de revestimento de argamassa. In: CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO DA UFG - III CONPEEX, 2006, Goiânia.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – formulação e aplicação de uma metodologia.** 1989. 207 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SCARTEZINI, L. M.; JUCÁ. T. R.; LINHARES, H.; TEIXEIRA, F.; ANTONELLI, G.; CASCUDO, O.; CARASEK, H. Influência do preparo da base da aderência e na permeabilidade à água dos revestimentos de argamassa. **Ambiente Construído,** Porto Alegre: Antac, v. 2, n. 2, p. 85-92, abr/jun. 2002.

THOMAZ, E.; MITIDIERI FILHO, C. V.; CLETO, F. R.; CARDOSO, F. F. **Alvenaria de Vedação em Blocos Cerâmicos.** São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2009. Código de Práticas n. 01.