

Monografia

**“AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE REVESTIMENTOS DE FACHADA:
uma reflexão sobre as exigências da norma 13.749/1996 quanto aos
parâmetros de resistência de aderência à tração (Ra)”**

Autor: Gustavo Santana de Castro

Orientador: Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior

Agosto/2013

GUSTAVO SANTANA DE CASTRO

**“AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE REVESTIMENTOS DE FACHADA:
uma reflexão sobre as exigências da norma 13.749/1996 quanto aos
parâmetros de resistência de aderência à tração (Ra)”**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Tecnologia e produtividade das construções

Orientador: Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2013

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	09
2. ARGAMASSA	13
2.1 Noções de argamassa	13
2.1.1 Conceito, funções e materiais constituintes	13
2.1.2 Sistema de produção	14
2.1.3 Propriedades	16
2.1.4 Classificação.....	19
2.2 Noções de revestimentos	21
2.2.1 Patologias nos revestimentos (externos)	26
3. EXECUÇÃO DE REVESTIMENTOS EM FACHADAS.....	28
3.1 Execução de revestimentos em fachadas.....	28
3.2 Controle tecnológico do processo de execução de revestimentos em fachadas: o ensaio de aderência	31
3.2.1 Fatores de influência no ensaio de aderência	35
4. ESTUDO DE CASO	42
4.1 Especificações e técnicas executivas	42
4.1.1 Execução do reboco/emboço.....	33
4.1.2 Assentamento do revestimento cerâmico 10 x 10 cm	43
4.1.3 Aplicação dos revestimentos em pintura texturizada.....	44
4.1.4 Análise das juntas e determinação das características dos materiais de enchimento.....	44
4.2 Aplicação do teste de resistência de aderência à tração em parede de argamassa (com chapisco) em um edifício	45

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Fluxograma para argamassa produzida em obra	15
Figura 2.2: Esquema de produção de argamassa industrializada.....	16
Figura 2.3: Chapisco, emboço e reboco	22
Figura 2.4: Aplicação de chapisco.....	22
Figura 2.5: Chapisco tradicional	23
Figura 2.6: Chapisco industrializado.....	23
Figura 2.7: Chapisco rolado	24
Figura 2.8: Aplicação de massa grossa ou emboço	25
Figura 3.1: Teste de Resistência de Aderência à Tração (Ra) passo a passo.....	33
Figura 3.2: Dinamômetro de tração (NBR 13.528/2010).....	35
Figura 3.3: Forma de ruptura para um sistema de revestimento.....	36
Figura 3.4: Ergonomia horizontal do operador.....	38
Figura 3.5: Tipos de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa, considerando o revestimento aplicado diretamente ao substrato (sem chapisco)	39
Figura 3.6: Realização de ensaio de percussão	40
Figura 3.7: Fatores que exercem influência na aderência de argamassas sobre bases porosas.	41
Figura 5.1: Teste de aderência de um automóvel conforme exigências da norma 13.749/1996 quanto aos parâmetros de resistência de aderência à tração (Ra). Placa 30 cm x 30 cm = 900 cm ² , fusca: 800 a 900 Kg, 900 Kgf/900 cm ² = 1 kgf/cm ² ≅ 0,1 Mpa, 1/3 da exigência da NBR 13.749	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Classificação de argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos segundo a NBR 13.281	20
Tabela 3.1: Critérios de resistência de aderência à tração (Ra) para revestimentos de argamassa de paredes (emboço e camada única) segundo a NBR 13.749:1996	34
Tabela 4.1: Síntese dos resultados obtidos	46

LISTA DE NOTAÇÕES, SIGLAS E ABREVIATURAS

% = percentual

% = percentual

ABCP = Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT = Associação Brasileira de Normas Técnicas

cm = centímetro

CP = corpos de prova

$\text{g/dm}^2/\text{min}^{1/2}$

kg/m^3 = quilograma por metro cúbico

m^2 = metro quadrado

mm = milímetro

mm = milímetro

MPa = Mega Pascal

NBR = Norma Brasileira

$^{\circ}\text{C}$ = graus centígrados

Ra = resistência de aderência à tração

RDM = revestimento decorativo monocamada

s.d. = em latim *sine date*, sem data

s.p. = em latim *sine date*, sem data

RESUMO

Dividido em cinco seções, esse trabalho discutiu os resultados obtidos em testes de resistência de aderência. Construído a partir de uma abordagem qualitativa e por meio de uma revisão bibliográfica, o trabalho analisou em que medida o valor referência de 0,3 MPa para revestimentos externos pode confirmar o desempenho dos revestimentos de argamassa. A pesquisa identificou que além de uma análise dos valores obtidos no ensaio da resistência de aderência é de absoluta relevância uma análise sistêmica do processo.

1. INTRODUÇÃO

O termo aderência é usado para descrever a resistência e a extensão do contato entre a argamassa e uma base, e é uma propriedade essencial das argamassas. No caso de revestimentos de argamassa, a aderência assume grande importância, pois, caso ela falhe, casos extremos podem ocorrer.

A ocorrência de patologias nos revestimentos representa um grave problema do setor de construção civil, afinal, compromete a segurança, o desempenho e a estética dos edifícios. As manifestações patológicas podem gerar gastos significativos e afetar a tranquilidade e a segurança dos moradores, o que torna bastante importante compreender como se materializam tais fenômenos.

Importante condição de qualidade, a propriedade 'aderência nas argamassas de revestimento' varia de acordo com uma ampla quantidade de fatores. A relação desses fatores compreende desde as características da base e os materiais empregados até as condições ambientais e os processos de execução aplicados, o que torna necessário a realização de testes para avaliar o desempenho dos revestimentos.

O instrumento que possibilita a avaliação do desempenho dos revestimentos é o ensaio de aderência, conforme previsto na norma NBR 13.749/1996 e, mais recentemente, na NBR 13.528/2010. (ABNT, 1996; ABNT 2010). A principal função do ensaio de aderência, também conhecido como teste de Resistência de Aderência à Tração (Ra), é contribuir à definição do tipo de preparo da base, assim como na escolha da argamassa que melhor atue sob condições específicas, especialmente do substrato. Por meio do teste de Ra é possível verificar a interação entre as camadas constituintes do revestimento (base, camada de ligação, revestimento), determinando

o valor da tensão de aderência máxima que o revestimento suporta. Também por meio do ensaio de aderência pode-se identificar qual a interface do revestimento apresenta menor resistência às tensões atuantes no revestimento.

Apesar da necessidade de uma análise sistêmica sobre os resultados obtidos nos testes de arrancamento, que requer, sobretudo, uma necessidade de conhecimento técnico, experiência e sensibilidade daqueles que irão analisar os resultados, muitos se focam apenas no valor numérico da resistência de aderência obtida no ensaio, limitada em 0,3 MPa para revestimentos externos, conforme a NBR 13749/1996¹. Assim, considerando a necessidade de refletir sobre tal parâmetro, essa pesquisa têm como questão norteadora discutir **em que medida o valor referência de 0,3 MPa para revestimentos externos pode confirmar o desempenho dos revestimentos de argamassa**. O objetivo geral do estudo consiste, portanto, em **compreender os limites e possibilidades dos resultados dos testes de arrancamento, estabelecendo reflexões a cerca dos critérios, parâmetros e requisitos mínimos exigidos pelas normas técnicas de avaliação da aderência nas argamassas de revestimento externo**.

A pertinência desse tipo de estudo é grande na medida em que é cada vez maior a necessidade de se discutir a quantidade de variáveis que influenciam na qualidade de um revestimento. Além disso, o ensaio de aderência é um instrumento que pode auxiliar não apenas na tomada de decisão entre uma argamassa ou outra, mas, sobretudo, no aperfeiçoamento do controle de processos. Nada mais justificável, portanto, que mergulhar numa análise que investiga os valores de referência utilizados para medir o desempenho dos revestimentos de argamassa.

Do ponto de vista metodológico, esta pesquisa, que utiliza mais emblematicamente a abordagem qualitativa, deve ser classificada como uma pesquisa bibliográfica, que

¹ A norma NBR 13.749/1996 determina o valor de e 0,2 MPa para revestimentos internos. Todavia a resistência de aderência para revestimentos internos não será objeto dessa pesquisa.

recorre a referências publicadas em livros, artigos e outros documentos para explicar e/ou analisar o problema, no caso desse trabalho; **a inadequada interpretação dos valores referências para revestimentos externos de resistência de aderência à tração dos corpos de prova em MPa, obtidos em testes de arrancamento.** Para viabilizar a revisão bibliográfica foi realizado entre o período de 01 de julho de 2013 e 15 de agosto de 2013 pesquisas em sites de busca e repositórios de artigos e trabalhos científicos, onde se avaliou 23 publicações, a partir dos seguintes descritores:

- a) 0,30 MPa;
- b) ABNT NBR 13.749;
- c) aderência nas argamassas de revestimento;
- d) arrancamento;
- e) ensaios de resistência de aderência;
- f) resistência de aderência à tração;
- g) revestimento de fachada;
- h) sistemas de revestimento de argamassa;
- i) tecnologia de argamassas.

Concomitantemente à revisão bibliográfica sobre o tema, foi realizado um estudo de caso de um respectivo edifício. A investigação desse contexto ocorreu no mesmo período da pesquisa bibliográfica.

Além do capítulo introdutório, a pesquisa conta com mais quatro seções. A seção dois discute o conceito, a constituição, as funções, as propriedades e a classificação da argamassa, além de uma exposição rasante sobre noções gerais de revestimentos e suas patologias. A seção três tratou de compreender o processo de execução dos

revestimentos e reflexões acerca do teste de determinação da resistência de aderência à tração, identificando fatores de influência que sinalizam para a necessidade de reflexão sobre os valores obtidos nos testes de arrancamento. A quarta seção aborda novamente as discussões realizadas nas seções dois e três à luz de um estudo de caso. A pesquisa se encerra com as considerações finais e referências bibliográficas utilizadas.

2. ARGAMASSA

Esse capítulo está estruturado em dois itens. O primeiro trata de forma detalhada do tema argamassa. O segundo aborda noções gerais de revestimentos, inclusive uma breve discussão sobre as patologias nos revestimentos (externos).

2.1 Noções de argamassa

Para garantir uma adequada análise dos resultados dos testes de arrancamento em revestimentos de argamassa é muito importante que se compreenda o tema argamassas. Nesses termos, o respectivo item, subdividido em quatro subitens, objetivou a discussão do conceito, funções, materiais constituintes, sistema de produção, propriedades e classificação da variável 'argamassa'.

2.1.1 Conceito, funções e materiais constituintes

De acordo com Sabbatini (1986) argamassa consiste um material complexo, constituído essencialmente de materiais inertes de baixa granulometria (agregados miúdos) e de uma pasta com propriedades aglomerantes, composta por minerais e água (materiais ativos), podendo ser composto, ainda, por produtos especiais, denominados aditivos.

Para a ABNT (1995a) argamassa para revestimento é uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento. Nessa norma ainda são definidos outros termos usuais envolvendo o revestimento executado à base de

cimento e cal, ou ambos, quanto ao campo de sua aplicação. São encontrados definições como:

- a) adições: materiais inorgânicos naturais ou industriais finamente divididos, adicionados às argamassas para modificar as suas propriedades e cuja quantidade é levada em consideração no proporcionamento;
- b) argamassa de cal: argamassa preparada com cal como único aglomerante;
- c) argamassa de cimento: argamassa preparada com cimento como único aglomerante;
- d) revestimento: é o recobrimento de uma superfície lisa ou áspera com uma ou mais camadas sobrepostas de argamassa, em espessura normalmente uniforme, apta a receber um acabamento final. (SILVA, 2006, p. 10).

As argamassas podem ser aplicadas em revestimentos internos e externos, contrapisos, assentamentos de alvenaria, pedras e cerâmicas, entre outros, e sua função está ligada à aplicação. Em geral, cabe aos revestimentos de argamassa proteger as vedações e a estrutura contra a ação de agentes agressivos, evitando a degradação precoce das mesmas, aumentando sua durabilidade e reduzindo os custos de manutenção dos edifícios. Os revestimentos de argamassas podem auxiliar as vedações a cumprirem com as funções de isolamento termo acústicas, estanqueidade à água e aos gases e segurança ao fogo. As argamassas ainda possuem função estética, de acabamento. (SILVA, 2006).

2.1.2 Sistema de produção

Um ponto importante no processo que levará à decisão de como se executará os revestimentos de argamassa e, logo, de grande repercussão nos testes de arrancamento, é como as argamassas são produzidas e transportadas no ambiente da obra. Segundo ABCP (2013a) podem ser encontrados os seguintes sistemas de produção para argamassas:

- a) preparada na obra;
- b) industrializada em sacos;
- c) preparada em central e
- d) industrializada em silos.

A argamassa **preparada na obra** é o sistema mais tradicional. A fabricação resume-se em misturar mecanicamente os constituintes em uma sequência e por um dado tempo. A armazenagem dos materiais deve ser feita de maneira adequada. Há a necessidade de se prever áreas de estocagem para as matérias-primas, tais como agregados (FIG. 2.1). (ABCP, 2013a).



Figura 2.1: Fluxograma para argamassa produzida em obra
Fonte: ABCP, 2013a, p. s.p.

A argamassa **industrializada** em sacos é composta de agregados com granulometria controlada, cimento Portland e aditivos especiais. São fabricadas em complexos industriais, onde os agregados miúdos, os aglomerantes e os aditivos em pó, são misturados a seco e ensacados. No momento da utilização, o preparo da argamassa é feito apenas pela mistura com adição de água. As argamassas ensacadas apresentam grande uniformidade de dosagem, o que significa dizer que se pode conseguir a repetição de um traço com um grau de confiança satisfatório (FIG. 2.2). (ABCP, 2013a).

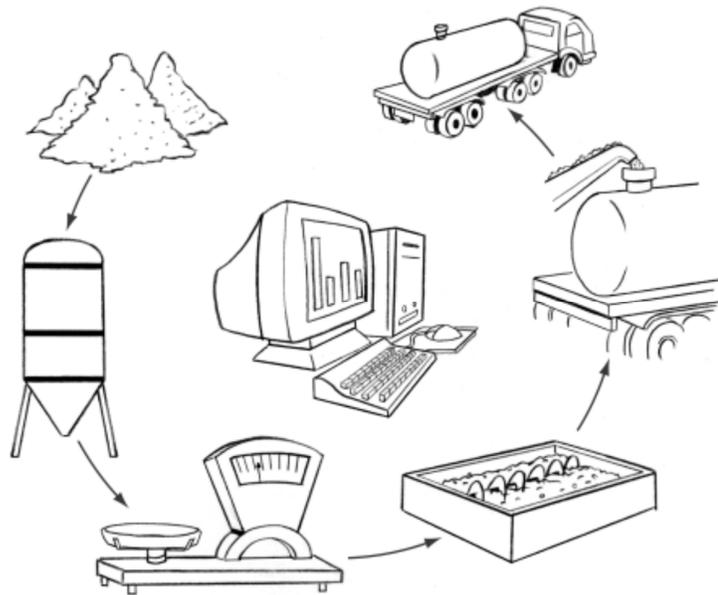


Figura 2.2: Esquema de produção de argamassa industrializada
 Fonte: ABCP, 2013a, p. s.p.

As argamassas **preparada em central** são dosadas em centrais e fornecidas em caminhões-betoneira, prontas para a aplicação. Este tipo de argamassa elimina a necessidade de central de preparo e área de estocagem de materiais na obra. É um sistema que só se justifica quando da aplicação de grandes quantidades de argamassa em curto período de tempo. (ABCP, 2013a).

A argamassa **industrializada** em silos é produzida em complexos industriais, onde os agregados, aglomerantes e aditivos são misturados a seco e armazenados em silos metálicos que são levados por caminhões até as obras. (ABCP, 2013a).

2.1.3 Propriedades

As argamassas possuem propriedades que, sinergicamente associadas, contribuem para que desempenhem suas funções. São elas:

- a) consistência: é a propriedade pela qual a argamassa no estado fresco tende a resistir à deformação. Segundo a consistência, a argamassa pode ser classificada em seca (a pasta preenche os vazios entre os grãos), plástica (a pasta forma uma fina película e atua como lubrificante na superfície dos grãos dos agregados) e fluida (os grãos ficam imersos na pasta). A consistência é diretamente determinada pelo conteúdo de água utilizada. Para a avaliação da consistência da argamassa é utilizada tradicionalmente no Brasil a mesa de consistência (*flow table*) prescrita pela NBR 7215. (CINCOTTO *et al.*, 1995);
- b) trabalhabilidade: está intimamente relacionada à consistência. Trabalhabilidade, em termos práticos, significa facilidade de manuseio. Considera-se uma argamassa trabalhável quando ela distribui-se facilmente ao ser assentada, não gruda na ferramenta quando está sendo aplicada, não segrega ao ser transportada, não endurece em contato com superfícies absorptivas e permanece plástica por tempo suficiente para que a operação seja completada. A trabalhabilidade é uma propriedade complexa, resultante da conjunção de diversas outras propriedades. (SABBATINI, 1984);
- c) coesão: refere-se às forças físicas de atração existentes entre as partículas sólidas da argamassa no estado fresco e às ligações químicas da pasta aglomerante. A trabalhabilidade das argamassas provém das condições de coesão interna que a mesma proporciona, em função da diminuição da tensão superficial da pasta aglomerante e da adesão ao agregado. (CINCOTTO *et al.*, 1995);
- d) tixotropia: é a propriedade pela qual um material sofre transformações isotérmicas e reversíveis do estado sólido para o estado gel. (CINCOTTO *et al.*, 1995);

- e) plasticidade: é a propriedade pela qual a argamassa no estado fresco tende a conservar-se deformada após a redução das tensões de deformação. A plasticidade e a consistência são as propriedades que efetivamente caracterizam a trabalhabilidade. (SILVA, 2006);
- f) retenção de água: é a capacidade da argamassa no estado fresco de manter sua consistência ou trabalhabilidade quando sujeita a solicitações que provocam perda de água por evaporação, sucção do substrato ou pela hidratação do cimento e carbonatação da cal. (CINCOTTO *et al.*, 1995);
- g) adesão inicial: é a propriedade que caracterizará o comportamento futuro do conjunto substrato/revestimento quanto ao desempenho decorrente da aderência. São fatores essenciais para uma boa aderência inicial da argamassa as condições de limpeza do substrato, isentos de poeiras, partículas soltas e gorduras. (CINCOTTO *et al.*, 1995);
- h) elasticidade: é a capacidade que a argamassa no estado endurecido apresenta em se deformar sem apresentar ruptura quando sujeita a solicitações diversas, e de retornar à dimensão original inicial quando cessam estas solicitações. A elasticidade é uma propriedade que determina a ocorrência de fissuras no revestimento e, dessa forma, influi decisivamente sobre o grau de aderência da argamassa à base e, conseqüentemente, sobre a estanqueidade da superfície e sua durabilidade. (SABBATINI, 1984);
- i) aderência no estado endurecido: a aderência da argamassa ao substrato pode ser definida como sendo a capacidade que a interface substrato/argamassa possui de absorver tensões tangenciais (cisalhamento) e normais (tração) a ela, sem romper-se. (SABBATINI, 1984).

Taha e Shrive (2001 *apud* CARVALHO JÚNIOR 2005) descrevem que a aderência à alvenaria se desenvolve segundo aderência química e aderência mecânica. Na aderência química a resistência origina de forças covalentes ou forças de Van der Waals, desenvolvidas entre a unidade de alvenaria e os produtos da hidratação do cimento. A aderência mecânica, de outro lado, é formada pelo intertravamento mecânico dos produtos da hidratação do cimento, transferidos para a superfície dos poros dos blocos de alvenarias devido ao efeito da sucção ou absorção capilar.

2.1.4 Classificação

A NBR 13.530/1995 descreve a classificação das argamassas segundos vários critérios. Segundo essa norma, a argamassa pode ser classificada segundo a (1) natureza do aglomerante (aérea ou hidráulica), (2) quanto ao número de aglomerantes (simples ou mista), (3) quanto ao tipo de aglomerante (argamassa de cal, de cimento ou de cimento e cal), (4) quanto à função do revestimento (de chapisco, de emboço ou de reboco), (5) quanto à forma de preparo ou fornecimento (dosada em central, preparada em obra, industrializada ou mistura semipronta para argamassa) e (6) quanto a propriedades especiais (aditivada, de aderência melhorada, colante, redutora de permeabilidade, de proteção radiológica, hidrófuga ou termoisolante). (ABNT, 1995).

Uma parte significativa das argamassas preparadas na construção civil tem o cimento como aglutinante mineral e a areia de quartzo como agregado. Esse tipo de argamassas são mais conhecidas como argamassas mistas. A cada aplicação, o cimento e o agregado são misturados em uma proporção especial e misturados com água para obtenção da argamassa fresca. (BRANCO; CARVALHO JÚNIOR; COSTA, *s.d.*).

As argamassas são classificadas conforme as características e propriedades de (P) resistência à compressão (MPa), normatizada na NBR 13.279 (ABNT, 2005); (M) densidade de massa aparente no estado endurecido (kg/m^3), normatizada na NBR 13.280 (ABNT, 2005); (R) resistência à tração na flexão (MPa), normatizada pela NBR 13.279 (ABNT, 2005); (C) coeficiente de capilaridade ($\text{g/dm}^2/\text{min}^{1/2}$), normatizada pela NBR 15.259 (ABNT, 2005); (D) densidade de massa no estado fresco (kg/m^3), normatizada pela NBR 13.278 (ABNT, 2005); (U) retenção de água (%), normatizada pela NBR 13.277 (ABNT, 2005); (A) resistência potencial de aderência à tração (MPa), normatizada pela NBR 15.258 (ABNT, 2005). Cada requisito foi subdividido em seis classes, exceto a resistência potencial de aderência à tração, que foi subdividida em três classes (TAB. 2.1). (SILVA, 2006)

Tabela 2.1: Classificação de argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos segundo a NBR 13.281

Classes	P	M	R	C	D	U	A
	MPa	kg/m^3	MPa	$\text{g/dm}^2/\text{min}^{1/2}$	kg/m^3	%	MPa
1	$\leq 2,0$	≤ 1.200	$\leq 1,5$	$\leq 1,5$	≤ 1.400	≤ 78	$\leq 0,20$
2	1,5 a 3,0	1000 a 1400	1,0 a 2,0	1,0 a 2,5	1200 a 1600	72 a 85	$\geq 0,20$
3	2,5 a 4,5	1200 a 1600	1,5 a 2,7	2,0 a 4,0	1400 a 1800	80 a 90	$\geq 0,30$
4	4,0 a 6,5	1400 a 1800	2,0 a 3,5	3,0 a 7,0	1600 a 2000	86 a 94	-
5	5,5 a 9,0	1600 a 2000	2,7 a 4,5	5,0 a 12,0	1800 a 2200	91 a 97	-
6	$> 8,0$	> 1800	$> 3,5$	$> 10,0$	> 2000	95 a 100	-

Fonte: SILVA, 2006, p. 30

2.2 Noções de revestimentos

Os revestimentos são considerados como sistemas constituídos de uma ou mais camadas de argamassa, podendo cada uma delas ter uma função. Pode ser compreendido como o “subsistema que recobre uma superfície porosa com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, com espessura normalmente uniforme, resultando em uma superfície apta a receber o acabamento final”. (ABCP, 2013b, *s.p.*).

Os revestimentos de argamassa podem ser classificados conforme o número de camadas de aplicação (camada única ou duas camadas), quanto ao ambiente de exposição (revestimentos de paredes internas, externas e com contato com o solo), quanto ao comportamento à umidade (revestimento comum, de permeabilidade reduzida, de hidrófugo), quanto ao comportamento à radiação, quanto ao comportamento ao calor, quanto ao acabamento de superfície (camurçado, chapiscado, desempenado, sarrafeado, imitação travertino, lavado e raspado). (SILVA, 2006).

Integrante do subsistema revestimento tem-se o (1) chapisco, que pode ser agrupado em tradicional, industrializado e rolado, o (2) emboço, o (3) reboco, a (4) massa única ou emboço paulista e o (5) revestimento decorativo monocamada – RDM (ou monocapa) (ABCP, 2013b, *s.p.*).

O **chapisco** é a etapa de preparo da base com o objetivo de torná-la mais rugosa e homogênea à absorção de água, uma vez que os elementos estruturais e a alvenaria possuem capacidade de absorção bastante diferenciada. Nem sempre o chapisco é classificado como uma camada pelo fato de não possuir espessura definida e não ser homogêneo. O chapisco é um tipo de argamassa de aderência e uma vez que as

superfícies estejam chapiscadas, estas se tornam ásperas e adquirem condições de receberem outras argamassas, seja para pintura ou de suporte para azulejos, por exemplo (FIG. 2.3 e FIG. 2.4). (ABCP, 2013b, s.p.).

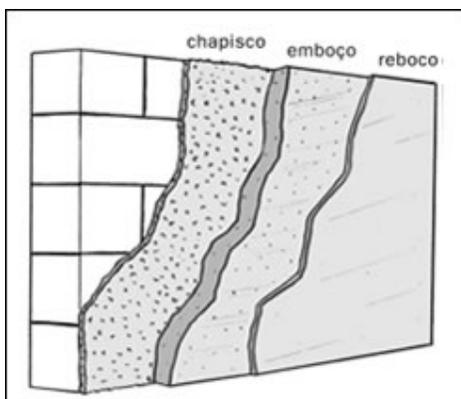


Figura 2.3: Chapisco, emboço e reboco
Fonte: ABCP, 2013b, s.p.



Figura 2.4: Aplicação de chapisco
Fonte: Engenharia Civil, 2013, s.p.

O **chapisco tradicional** é obtido por meio do lançamento vigoroso de uma argamassa fluida sobre a base, utilizando-se uma colher de pedreiro. A textura final deve ser a de uma película rugosa, aderente e resistente. Esse tipo de chapisco pode também ser aplicado por projeção sobre toda a fachada, inclusive sobre a estrutura. Neste caso, o traço sofre algumas modificações, como por exemplo, no teor de aditivo (FIG. 2.5). (ABCP, 2013b, s.p.).

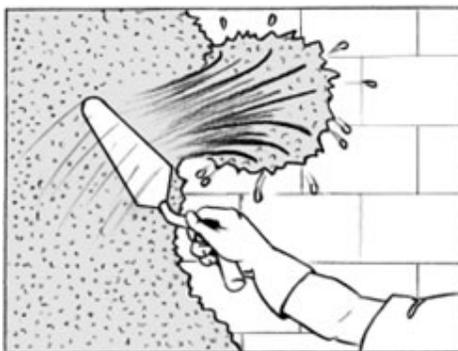


Figura 2.5: Chapisco tradicional
Fonte: ABCP, 2013b, s.p.

Usualmente aplicado sobre a estrutura de concreto, o **chapisco industrializado** é produzido com uma argamassa industrializada específica para este fim, sendo necessário acrescentar somente água. É aplicado com desempenadeira denteada (FIG 2.6). (ABCP, 2013b, s.p.).

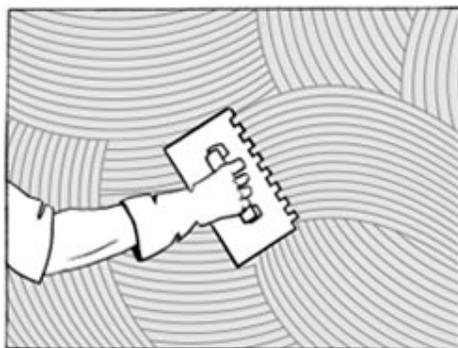


Figura 2.6: Chapisco industrializado
Fonte: ABCP, 2013b, s.p.

O **chapisco rolado**; que para os objetivos dessa pesquisa não se situa como elemento de grande relevância, considerando que seu uso em fachadas é pouco comum, sendo mais usado em revestimentos internos; é feito com uma argamassa fluida obtida com uma mistura de cimento e areia, com adição de água e aditivo. O chapisco rolado pode ser aplicado tanto na estrutura como na alvenaria, usando-se rolo para textura acrílica. A parte líquida deve ser misturada aos sólidos até obter consistência de 'sopa' (FIG. 2.7). (ABCP, 2013b, s.p.).

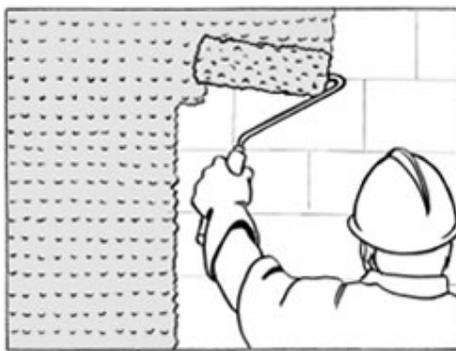


Figura 2.7: Chapisco rolado
Fonte: ABCP, 2013b, s.p.

Após a aplicação do chapisco, vem a aplicação de **massa grossa ou emboço**. O emboço é uma argamassa de regularização, sendo sua função deixar a superfície das paredes planas, eliminando a irregularidade dos tijolos, sobras de massa de assentamento e também corrigindo o prumo e alinhamento das paredes. Nas paredes externas o emboço deve funcionar como uma espécie de capa de chuva das paredes, evitando penetração de águas umidade no interior (FIG. 2.8). (ABCP, 2013b, s.p.).



Figura 2.8: Aplicação de massa grossa ou emboço
Fonte: Engenharia Civil, 2013, *s.p.*

O **reboco** é a aplicação de argamassa de cimento e areia nas paredes de tijolos cerâmicos ou blocos de concreto e tem a função de formar uma superfície impermeabilizante quanto à água. O reboco proporciona uma superfície lisa para receber acabamentos como tintas, texturas e papéis de parede, além de conferir acústica e propriedades térmicas proporcionando conforto ambiental. (ABCP, 2013b, *s.p.*).

É o reboco que confere a textura superficial final aos revestimentos de múltiplas camadas, sendo a pintura, em geral, aplicada diretamente sobre o mesmo. Portanto, não deve apresentar fissuras, principalmente em aplicações externas. Para isto, a argamassa deverá apresentar elevada capacidade de acomodar deformações. (SILVA, 2006, p. 33).

A **massa única ou emboço paulista** é o revestimento com acabamento em pintura executado em uma única camada. Nessa situação, a argamassa empregada e o procedimento de execução deverão resultar em um revestimento capaz de cumprir as funções tanto do emboço (regularização da base) quanto do reboco (acabamento) (ABCP, 2013a, *s.p.*).

Finalmente, o **revestimento decorativo monocamada – RDM** (ou monocapa) consiste em um revestimento aplicado em uma única camada que, a exemplo da massa única ou emboço paulista, cumpre ao mesmo tempo a função do emboço e acabamento final. (ABCP, 2013a, *s.p.*).

2.2.1 Patologias nos revestimentos externos

Conforme apontaram Branco *et al.* (*s.d.*) patologias nos revestimentos (externos) podem ter origem na fase de projeto, quando são escolhidos materiais incompatíveis com as condições de uso. Podem também estar relacionadas com a inadequada condição do substrato ou com o processo de execução.

As patologias nos revestimentos podem ser identificadas na fase inicial dos projetos. A origem do problema pode começar no processo de escolha dos materiais ou quando são desconsideradas as interações do revestimento com outras partes do edifício. Assim, se pretende êxito no processo, não é recomendável pular ou abreviar etapas. (BRANCO; CARVALHO JÚNIOR; COSTA, *s.d.*).

A qualidade dos revestimentos de argamassas depende da qualidade das matérias primas, da proporção correta da mistura dos componentes utilizados, da homogeneidade da mistura, da consistência da argamassa fresca e da adição correta dos aditivos. O resultado final deste conjunto de fatores é que definirá o comportamento do produto final (BRANCO; CARVALHO JÚNIOR; COSTA, *s.d.*).

De um modo geral, as patologias não tem sua origem em fatores isolados, mas sofrem influência de um conjunto de variáveis, que podem ser classificadas de acordo com o processo patológico, com os sintomas, com a causa que gerou o problema ou ainda a etapa do processo produtivo em que ocorrem (BRANCO; CARVALHO JÚNIOR; COSTA, *s.d., s.p.*).

Patologias nos revestimentos de fachada podem ocorrer na fase inicial do projeto e na fase de execução do projeto, seja porque os assentadores não dominam a tecnologia de execução ou porque os responsáveis pela obra não controlam corretamente o processo. Assim, para se evitar dificuldades relacionadas à existência de patologias nos revestimentos (externos) é necessário que se tenha clareza sobre todo o processo de execução, tema que será discutido no capítulo seguinte dessa pesquisa.

3. EXECUÇÃO DE REVESTIMENTOS EM FACHADAS

Para se entender em que medida o valor referência de 0,3 MPa para revestimentos externos pode confirmar o desempenho dos revestimentos de argamassa é necessário que se debruce sobre o processo de execução dos revestimentos. Assim, o primeiro item da seção três procurou discutir as ações previstas para a materialização de revestimentos em fachada. O item seguinte apresenta reflexões sobre o controle tecnológico do processo de execução de revestimentos em fachadas e os fatores que podem influenciar o ensaio de aderência.

3.1 Execução de revestimentos em fachadas

Para se entender em que medida o valor referência de 0,3 MPa para revestimentos externos pode confirmar o desempenho dos revestimentos de argamassa é importante que se compreenda o processo de execução do revestimento de argamassa em fachadas. Esse processo, segundo ABCP (2013b) segue uma sequência de ações e atividades. São elas:

- a) verificação das condições para início dos serviços;
- b) montagem de balancins;
- c) preparo da base;
- d) locação e descida dos prumos;
- e) mapeamento;

- f) reprojeto;
- g) taliscamento;
- h) aplicação de argamassa;
- i) execução do acabamento e
- j) detalhes construtivos.

Inicialmente, deve ser verificada as **condições prévias** a serem atendidas para que se inicie a sequência de execução. Ou seja, todas as alvenarias devem estar concluídas há pelo menos 30 dias e fixadas internamente há pelo menos 15 dias. A estrutura deve estar concluída há pelo menos 120 dias, à exceção dos três últimos pavimentos onde se admite 60 dias. Contramarcos e batentes devem estar chumbados e os referenciais de vão devem estar definidos. Os dutos que passam pelas alvenarias de fachada devem estar fixados, além de ser recomendável que contrapisos e revestimentos verticais internos também estejam concluídos. Ademais, é necessário que procedimentos ligados ao planejamento, gestão da qualidade e atendimento às normas de segurança sejam contemplados. (ABCP, 2013a).

Conseqüentemente à verificação das condições para início dos serviços devem ser **montados os balancins**. É oportuno destacar que a disposição desse equipamento pode interferir diretamente na produtividade. (ABCP, 2013a).

A terceira etapa consiste em **preparar a base**. O preparo da base envolve remoção de sujidades e irregularidades, preenchimento de furos e chapiscamento. Nessa fase devem-se eliminar os elementos que venham a prejudicar a aderência da argamassa à base e todas as irregularidades localizadas que sobressaiam mais de 10 mm (aproximadamente). Todos os furos, relativizado a quantidade de “bicheiras” existentes, devem ser preenchidos com argamassa. (ABCP, 2013a).

A quarta fase compreende a **locação e descida dos prumos**. Os eixos principais, definidos no projeto estrutural, devem ser transferidos para a cobertura e platibandas do edifício. (ABCP, 2013a).

Na etapa do **mapeamento** deve-se realizar a medição das distâncias entre cada arame e a superfície da fachada em pontos específicos como vigas, alvenaria e pilares. A medida da distância entre o arame e a fachada, nos pontos pré-determinados, deve ser anotada em uma planilha específica, que permita realizar a análise da espessura real do revestimento. (ABCP, 2013a).

A sexta etapa é a **fase de reprojeito**. O reprojeito deve ser realizado observado o ponto de menor espessura e deverá conter as novas espessuras de revestimento e os novos volumes de argamassa de projeto, além de eventual reprogramação de execução. (ABCP, 2013a).

O **taliscamento** é feito usualmente com cacos cerâmicos ou de azulejos, fixando-os com a mesma argamassa que será utilizada no revestimento. As taliscas devem ser fixadas em toda a fachada, para apoiarem e servirem de referência para a execução das mestras. (ABCP, 2013a).

Após o taliscamento deve ser realizada a aplicação da argamassa. A aplicação da argamassa sobre a superfície deve ser feita por projeção enérgica do material sobre a base, manual ou mecânica, não excedendo três cm de espessura. Depois de aplicada a argamassa, nos trechos delimitados pelas mestras, deve ser feita uma compressão com a colher de pedreiro, eliminando-se os espaços vazios e alisando a superfície. (ABCP, 2013a).

A nona atividade do processo de execução do revestimento de argamassa em fachadas consiste na execução do **acabamento**, que podem ser sarrafeados, desempenados, camurçados ou alisados. (ABCP, 2013a).

O sarrafeamento consiste no aplainamento do revestimento, utilizando-se uma régua de alumínio apoiada em referenciais de espessura, descrevendo um movimento de vaivém de baixo para cima. Deve ser realizado quando a argamassa apresenta uma consistência mais firme. (ABCP, 2013a).

O desempenamento é a atividade seguinte ao sarrafeamento, embora não deva ocorrer imediatamente após a sua conclusão (pode haver o aparecimento de fissuras de retração no revestimento). A ação é o acabamento obtido através da movimentação circular de uma ferramenta de madeira, denominada desempenadeira, sobre a superfície do revestimento, imprimindo-se certa pressão. A operação pode exigir uma aspersão de água sobre a superfície. Podem-se ter três tipos de acabamento desempenado: desempenado grosso, desempenado fino e desempenado camurçado. (ABCP, 2013a).

Finalmente a décima e última etapa do processo de execução do revestimento externos de argamassa são os **detalhes construtivos**, que são analisados e estabelecidos durante o desenvolvimento do projeto de revestimento. Nessa fase é usual a necessidade de reforço do emboço para evitar eventuais fissuras, que pode ser por argamassa armada e ponte de transmissão, a execução de quinas e cantos e as juntas de trabalho (quando previstas em projeto). (ABCP, 2013a).

3.2 Controle tecnológico do processo de execução de revestimentos em fachadas: o ensaio de aderência

A falta de aderência da argamassa ao substrato, um fenômeno essencialmente mecânico, pode gerar algumas patologias no revestimento de argamassa, seja de forma isolada ou combinada a outros fatores. A absorção excessiva de água das

argamassas pelo substrato, por exemplo, “pode provocar uma hidratação do cimento localmente retardada, podendo formar regiões com materiais de diferentes características e ocasionar grande retração” (DETRICHÉ; MASO, 1986 *apud* SILVA, 2006, p. 38)².

A retração é um fenômeno que ocorre pela diminuição do volume da argamassa quando da perda de água para o substrato por sucção, por evaporação ou pela reação química dos componentes do cimento e da cal. Segundo Bastos (2001 *apud* SILVA, 2006)³, quanto ao estado físico da argamassa a retração pode ser classificada em retração plástica e retração no estado endurecido e vários são os fatores que influenciam na retração tais como tipos de aglomerantes, temperatura, incidência do sol, umidade relativa do ar, velocidade do vento, características inerentes à própria argamassa, entre outros.

Didaticamente, pode-se dizer que a aderência deriva da conjunção de três propriedades da interface argamassa-substrato: a resistência de aderência à tração; a resistência de aderência ao cisalhamento; a extensão de aderência (razão entre a área de contato efetivo e a área total possível de ser unida). (HELENE; ANDRADE, 2010).

Quando se avalia o desempenho de revestimentos, especialmente quanto à aderência destes ao substrato, devem-se destacar os ensaios de cargas aplicadas à tração direta, usualmente empregada na análise de revestimento. A principal função do ensaio de aderência, também conhecido teste de Resistência de Aderência à Tração, consiste em verificar a interação entre as camadas constituintes do revestimento (base, camada de ligação, revestimento), determinando o valor da tensão de aderência máxima que o revestimento suporta, assim como qual a interface do revestimento apresenta menor resistência às tensões atuantes no revestimento. O

² DETRICHÉ, C. H.; MASO, J. C. Differential hydration in rendering mortars. *Cement and Concrete Research*, v. 16, p. 429-439, 1986.

³ BASTOS, P. K. X. **Retração e desenvolvimento de propriedades mecânicas de argamassas mistas de revestimento**. São Paulo, 2001. 172 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Teste Ra é também utilizado para definir os traços mais adequados de argamassa e como mecanismo de controle. (NAKAMURA, 2013).

A aderência é significativamente influenciada pelas condições da base, como a porosidade e a absorção de água, a resistência mecânica, a textura superficial e pelas condições de execução do revestimento. A capacidade de aderência da interface argamassa/substrato depende, ainda, da capacidade de retenção de água, da consistência e do teor de ar aprisionado da argamassa. A aderência é influenciada favoravelmente pelo teor de finos do agregado miúdo. (SILVA, 2006, p. 23).

Para se viabilizar o teste de Resistência de Aderência à Tração devem-se cumprir quatro etapas básicas, a saber:

- a) furo - com uma furadeira acoplada a uma broca tipo serra-copo de 50 mm de diâmetro, são feitos os furos para retirada do corpo de prova. Ao todo são feitos furos para a retirada de 12 corpos de prova distribuídos de forma aleatória, contemplando juntas e blocos;
- b) pastilhas - após limpeza da superfície, sobre cada furo é colada uma pastilha circular com resina epóxi, poliéster ou similar. A pastilha deve dispor de acoplamento para equipamento de tração;
- c) arrancamento - o passo seguinte é a introdução do aparelho de arrancamento (dinamômetro de tração) dotado de dispositivo para leitura de carga. As pastilhas são, então, arrancadas;
- d) amostras - por fim, as amostras são analisadas. É calculada a resistência de aderência à tração de cada corpo de prova (R_a) em MPa e analisada a forma de ruptura de cada um deles (FIG. 3.1). (NAKAMURA, 2013, p. 3).

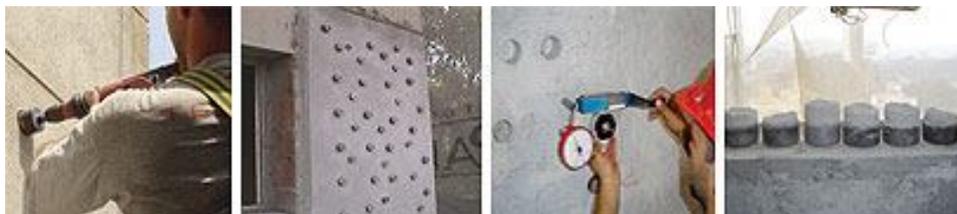


Figura 3.1: Teste de Resistência de Aderência à Tração (R_a) passo a passo
Fonte: Nakamura, 2013, s.p.

Ao final do processo a carga máxima deve ser dividida pela área de atuação do esforço para se obter a tensão da ruptura do revestimento, que deve ser superior aos indicativos previstos na norma NBR 13749 (ABNT, 1996), que estabelece os limites de

resistência de aderência à tração para emboço e camada única. No caso de revestimentos externos, os níveis mínimos de resistência de aderência exigidos em ensaios de cargas aplicadas à tração direta, usualmente empregados na análise de revestimento, devem ser, iguais ou superiores a 0,30 MPa (TAB. 3.1).

Tabela 3.1: Critérios de resistência de aderência à tração (Ra) para revestimentos de argamassa de paredes (emboço e camada única) segundo a NBR 13.749:1996

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

Fonte: ABCP-MG, 2011

A norma NBR 13.749/1996 regulamentou que quatro dos seis corpos de prova (CP) devam ser iguais ou superiores a 0,30 MPa para revestimentos de fachada (ou iguais ou superiores a 0,20 MPa, para revestimentos internos). A NBR 13528/2010 alterou o número mínimo de seis CP para 12 CP (ABCP-MG, 2011) (TAB. 1.1). Outra mudança introduzida pela NBR 13528/2010 diz respeito à aparelhagem utilizada para a retirada das amostras, em que é definido requisitos para o equipamento de tração, que deve garantir aplicação contínua de força e precisão em leituras de pequenas cargas (FIG. 3.2). (NAKAMURA, 2013).



Figura 3.2: Dinamômetro de tração (NBR 13.528/2010)

Fonte: CARASEK, s.d, s.p

3.2.1 Fatores de influência no ensaio de aderência

(...) Fatores como o processo de execução do revestimento, materiais utilizados e condições climáticas respondem por uma variabilidade de até 33% nos resultados do ensaio de aderência. (...) Os resultados do ensaio de resistência de aderência à tração devem ser analisados em relação ao tipo de ruptura ocorrido, visto que tanto o fato de romper na interface argamassa/substrato (aderência pura) quanto no interior dos materiais (falha de estruturação interna) representam fraturas no sistema de revestimento (FIG. 3.3). (SILVA, 2006, p. 23).

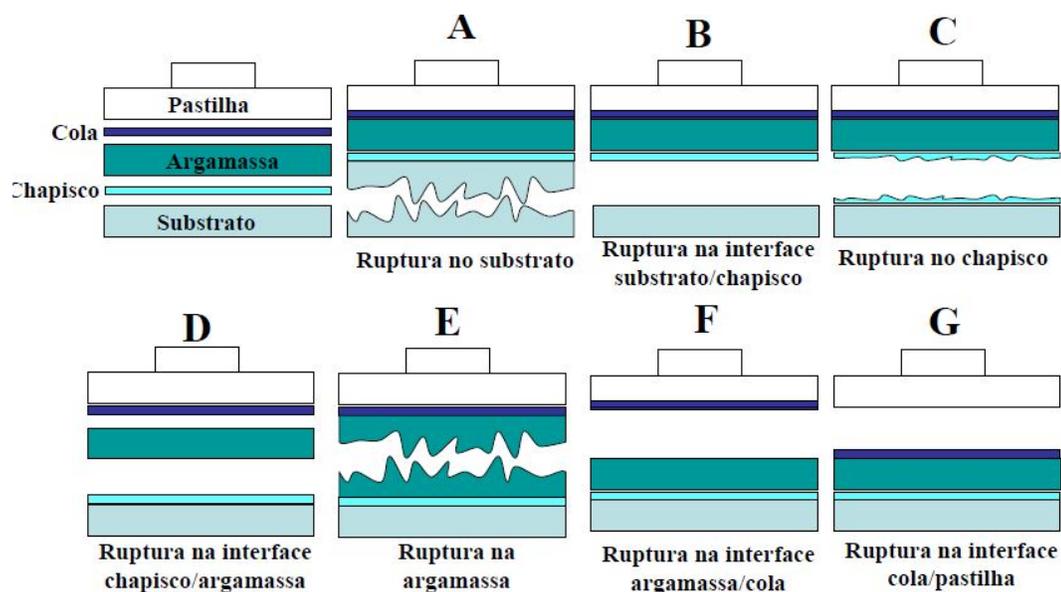


Figura 3.3: Forma de ruptura para um sistema de revestimento

Fonte: CARASEK, s.d, s.p

Apesar de apresentar-se como uma técnica com relativa facilidade de execução e resposta imediata, limitar uma análise da resistência de aderência apenas aos valores obtidos no ensaio pode ser um equívoco. A introdução do teste de Ra não exclui a necessidade de conhecimento técnico para a avaliação dos resultados. A verificação da forma de ruptura, obtida quando do rompimento dos corpos de prova, por exemplo, é algo que ainda requer astúcia daqueles que analisarão os resultados. (SILVA, 2008).

O teste de arrancamento, como também é conhecido ensaio de aderência, apresenta, por uma série de fatores, uma dispersão considerada elevada. O rompimento de um corpo de prova, por exemplo, pode não ser suficiente para confirmar ou excluir uma determinada argamassa. O CP pode se romper em diferentes locais, além da interface revestimento-substrato e dependendo do local de ruptura, o teste pode demonstrar apenas que o revestimento tem resistência à tração menor do que à aderência. (SILVA, 2008).

O ensaio de aderência deve ser realizado em painéis de no mínimo um m², contemplando trechos tanto da estrutura quanto da vedação, sendo que a aleatoriedade da distribuição das amostras recolhidas é fundamental. A utilização de CP de um mesmo alinhamento pode tender a valores mais elevados no teste. (NAKAMURA, 2013).

Outro ponto que poderá desvirtuar a legitimidade dos resultados do teste de aderência relaciona-se ao tamanho dos CP (cinco cm ou 10 cm) em relação ao conjunto do projeto. A depender do tamanho da mostra e do trecho avaliado a dimensão dos CP pode não ser representativo. (SILVA, 2008).

A necessidade de realização de um plano de ensaio, composto por seis pontos de arrancamento, conforme previsto nas normas técnicas, pode ser considerado um exagero. À exceção de localidades com comportamentos irregulares viabilizar ações como esta pode acarretar inúmeras dificuldades à obra, sejam operacionais ou financeiras. (SILVA, 2008).

Os testes de fachada também estão sujeitos à influências externas, como incidência de sol, vento, chuva e temperatura, o que pode provocar desempenhos diferentes ao longo do revestimento. Além disso, especialmente no caso de revestimentos de fachada, a dificuldade de posicionar o operador do teste de forma adequada na região de teste, considerando que muitas vezes é necessária a utilização de balancins, pode influir na obtenção do resultado. “A ergonomia do operador no momento da realização do corte pode, em maior ou menor grau, contribuir para uma elevada dispersão nos resultados obtidos” (FIG. 3.4). (SILVA, 2008; CARVALHO JÚNIOR, 2013, s.p.).



Figura 3.4: Ergonomia horizontal do operador
Fonte: CARASEK, *s.d, s.p*

Revestimentos de fachada que apresentam juntas de movimentação (sulcos presentes no alinhamento das espaldas superiores das janelas, tratados com pintura elastomérica) também podem favorecer o bom desempenho do conjunto, aliviando as tensões em pontos de mudança do módulo de elasticidade dos constituintes da base (transição viga / alvenaria). (CARVALHO JÚNIOR, 2013, *s.p.*).

Questões como as apontadas acima podem sim influir nos ensaios de aderência, indicando a necessidade de relativização dos resultados obtidos pelos técnicos que os avaliam. Mais importante talvez que se chegar ao valor de resistência de aderência à tração para emboço e camada única é compreender as variáveis encontradas no ensaio de aderência que podem comprometer os resultados do teste.

Aliás, tão importante quanto o valor da resistência de aderência obtido é a análise do tipo de ruptura, e que, quando a ruptura é do tipo coesiva, ocorrendo no interior da argamassa ou do substrato, os valores são menos preocupantes (FIG. 3.5). (CARVALHO JÚNIOR, 2013, *s.p.*).

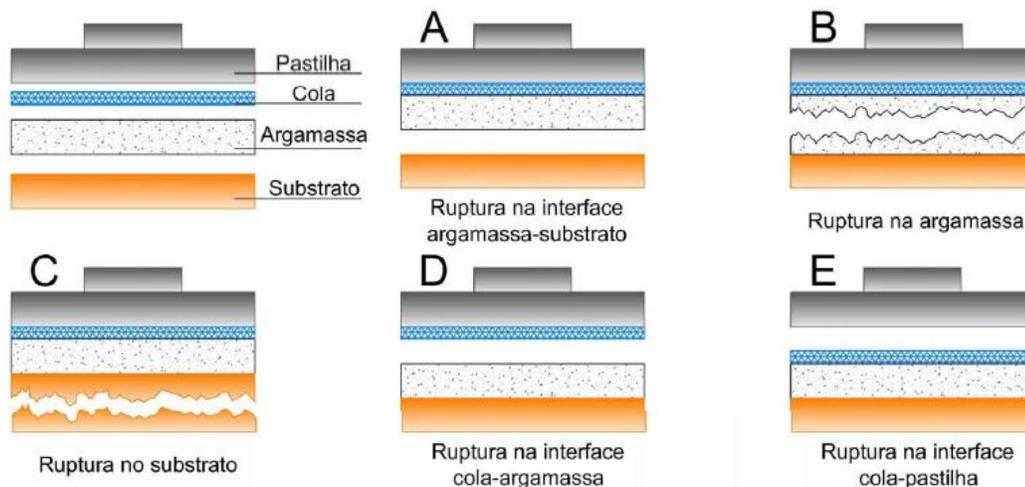


Figura 3.5: Tipos de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa, considerando o revestimento aplicado diretamente ao substrato (sem chapisco)
 Fonte: CARASEK, s.d, s.p

Além de compreender as relativizações contidas nos ensaios de aderência e analisar o tipo de ruptura registrada no teste, é igualmente importante a realização de testes complementares capazes de auxiliar na medição da resistência da aderência. Entre esses testes deve-se citar o ensaio de risco por elemento perfurante e o ensaio de inspeção por percussão.

O ensaio de risco por elemento perfurante em argamassas é realizado a partir de pregos, por exemplo. Apesar de sua execução ser rápida e simples, o teste não possui tanta precisão. O teste é capaz de mediar a capacidade resistente superficial da argamassa. Nesse tipo de teste sinaliza-se a necessidade de uma investigação mais aprofundada (por meio do ensaio de aderência) caso a superfície apresente um aspecto friável ou pulverulento durante o riscamento. (SILVA, 2008).

O ensaio de inspeção por percussão também é aplicável a contextos onde se pretendam medir a resistência de aderência. É um teste útil, barato e não destrutivo. O ensaio por percussão é realizado para se verificar a inexistência do som cavo, e, logo, a inexistência de pontos falhos na fachada no que diz respeito a aderência. No caso

dos ensaios de percussão, “apesar de não serem apresentados valores numéricos, não se convive com a fragilização das regiões ensaiadas devido à operação de corte (possibilidade de introdução de tensões de torção no corpo de prova, tranco ou flexotração involuntária) que podem ocorrer no momento do corte” (FIG. 3.6). (CARVALHO JÚNIOR, 2013, s.p.).



Figura 3.6: Realização de ensaio de percussão
Fonte: CARASEK, s.d, s.p

No caso do teste de arrancamento, além das variáveis ligadas a realização do teste, é importante resgatar o segundo capítulo desse trabalho e destacar que inúmeros fatores exercem influência na aderência de argamassas sobre bases porosas. Aspectos como condições de base, do ambiente, granulometria da areia, qualidade da cal, espessura da camada, entre outros, podem influir nos resultados obtidos no teste de arrancamento, positiva ou negativamente (FIG. 3.7).

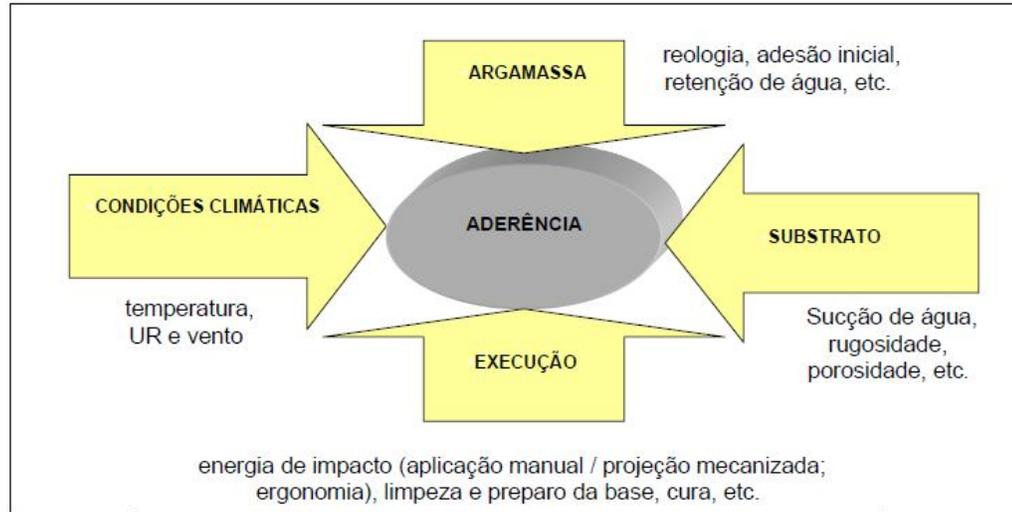


Figura 3.7: Fatores que exercem influência na aderência de argamassas sobre bases porosas.
Fonte: CARASEK, s.d, s.p

4. ESTUDO DE CASO

Para se alcançar os objetivos dessa pesquisa foi fundamental a identificação das pontuações teóricas em um plano prático. Esta seção, baseada nas discussões estabelecidas nos capítulos anteriores, aborda a aplicação de um Teste de Resistência de Aderência à Tração em Paredes de Argamassa (com chapisco) em um edifício, que assim será denominado durante esse trabalho.

4.1 Especificações e técnicas executivas

O respectivo item apresenta a forma de execução do reboco/emboço, do assentamento do revestimento cerâmico 10 x 10 cm, da aplicação dos revestimentos em pintura texturizada, além de uma análise das juntas e determinação das características dos materiais de enchimento.

4.1.1 Execução do reboco/emboço

O reboco/emboço foram executados sobre o chapisco, que foi constituído de argamassa de cimento e areia lavada grossa, no traço 1:3. Sobre a estrutura de concreto, utilizou-se um chapisco colante industrializado aplicado com desempenadeira denteada, cobrindo completamente a superfície da base, o que

permite garantir alta rugosidade. Antes da execução do chapisco, procedeu-se a limpeza do substrato objetivando especialmente a obtenção de aderência⁴.

O tempo entre a execução do chapisco e a realização do reboco/emboço obedeceu a norma NBR 7200/98 e o reboco/emboço foram executados com espessura inferior a 2,5 cm com argamassas rodadas em obra e argamassas industrializadas. Ao término da aplicação o reboco/emboço apresentou as condições de planeza adequadas ao assentamento de revestimento com argamassa colante.

4.1.2 Assentamento do revestimento cerâmico 10 x 10 cm

Para o assentamento do revestimento foi realizada a limpeza do emboço, removendo-se pó, barro, fuligem, substâncias gordurosas, florescências e bolor. Antes da aplicação da argamassa colante, a base foi pré-umedecida por meio da aspersão de água.

O assentamento do revestimento cerâmico foi realizado a partir de argamassa colante tipo AC II, aplicada com desempenadeira de aço denteada. Durante esse momento foi realizado um teste de percussão até o extravasamento da argamassa colante pelas laterais da peça, em que foi verificado um resultado adequado.

Cabe destacar que para o preparo e utilização da argamassa colante foram observados todos os cuidados previstos nas normas técnicas.

⁴ Anteriormente à execução do chapisco foi realizado o encunhamento externo a partir de argamassa com aditivo expensor, assim como reforço com tela de poliéster interna e externamente nos vãos das janelas utilizando-se argamassa colante.

4.1.3 Aplicação dos revestimentos em pintura texturizada

Na aplicação dos revestimentos nos trechos de pintura texturizada também se procedeu a limpeza da base. A aplicação da pintura foi realizada por mão-de-obra contratada.

4.1.4 Análise das juntas e determinação das características dos materiais de enchimento

Foram observados todos os cuidados na escolha do material de preenchimento das juntas de assentamento no revestimento cerâmico e na execução do revestimento e do rejuntamento.

Não foram necessárias juntas de movimentação verticais nos revestimentos cerâmicos, estando presentes apenas nas fachadas, que coincidem com o alinhamento das espaldas superiores das janelas. O preenchimento das juntas de movimentação obedeceu aos procedimentos adequados.

Juntas de dessolidarização foram localizadas apenas nas quinas internas da faixa vertical central das fachadas frontal e posterior. Juntas horizontais foram localizadas no alinhamento das transições viga/alvenaria e no sulco predefinido na região da caixa d'água e nas regiões onde houve o revestimento em pintura texturizada.

4.2 Aplicação do teste de resistência de aderência à tração em parede de argamassa (com chapisco) em um edifício

Foram aplicados no respectivo edifício três testes de resistência de aderência. O primeiro foi realizado no mês de fevereiro/2013, o segundo no mês de março/2013 e o terceiro no mês de abril/2013. A temperatura nos dias dos ensaios alternaram entre 26°C e 27°C e a umidade relativa do ar entre 44% e 56%.

Para a realização do teste foram utilizadas pastilhas com diâmetro de 50 mm, fixadas com cola tipo Epóxi um dia antes do acontecimento dos ensaios. Os cortes foram efetivados com serras circulares simples e o equipamento utilizado no teste de tração foi o MK 2030.

Os testes foram realizados conforme normas técnicas exigidas pela ABNT (discutidas em seção anterior) e viabilizadas a partir das seguintes formas de ruptura:

- a) substrato;
- b) substrato/chapisco;
- c) chapisco;
- d) chapisco/argamassa de revestimento;
- e) argamassa de revestimento;
- f) argamassa de revestimento/cola;
- g) cola/pastilha.

Os resultados obtidos ficaram, a rigor, aquém das exigências da Norma ABNT NBR 13.749/96, onde o revestimento é admitido se pelo menos quatro dos valores obtidos forem maiores ou iguais à 0,30 MPa. Como regra relevante de ser novamente ressaltada, reconhecida no teste de ensaio desse estudo de caso, cita-se a

necessidade de em cada série, oito CP, de um total de 12 CP, apresentarem resultados iguais ou superiores a 0,3 MPa (TAB. 4.1).

Tabela 4.1: Síntese dos resultados obtidos

Data dos ensaios	Resistência média (MPa)	Desvio padrão (MPa)	Coeficiente de variação	Característica do revestimento	
				Teor de umidade médio	Espessura média
fevereiro/2013	0,26	0,09	36,8 %	-	22 mm
março/2013	0,14	0,05	51,5 %	-	22 mm
abril/2013	0,26	0,12	46,6 %	-	32 mm

Fonte: O autor, 2013

Como questões importantes relacionadas ao teste de aderência no 'edifício estudo de caso' deve-se dizer que em determinado teste, sete dos 12 ensaios realizados tiveram ruptura na argamassa. Foi também realizado no edifício ensaio de percussão para se verificar a inexistência do som cavo, e, por conseguinte, a inexistência de pontos falhos na fachada no que diz respeito à aderência. Segundo informações da gerência da obra não foram verificados pontos com som cavo.

Conforme a gerência da obra, o reboco, quando de sua avaliação para aplicação do revestimento final, apresentava-se coeso, sem fissuração ou pulverulência.

O revestimento final aplicado sobre o reboco (textura acrílica) do 'edifício estudo de caso' é leve, se comparado com revestimentos assentados (pastilhas, cerâmicas, porcelanatos ou rochas ornamentais), conduzindo, portanto, a reduzidas tensões de cisalhamento devido a seu peso próprio. Ademais, o revestimento da fachada apresenta juntas de movimentação, o que favorece o bom desempenho do conjunto,

aliviando as tensões em pontos de mudança do módulo de elasticidade dos constituintes da base (transição viga / alvenaria). (CARVALHO JÚNIOR, 2013).

Ainda como ponto importante, cabe ressaltar que tão fundamental quanto o valor da resistência de aderência obtido é considerar o tipo de ruptura realizada. Nas ocasiões em que a ruptura é do tipo coesiva, ocorrendo no interior da argamassa ou do substrato, os valores são menos preocupantes. Foi o que ocorreu no 'edifício estudo de caso'. (CARVALHO JÚNIOR, 2013).

Após análise do relatório dos ensaios de resistência de aderência, associada às ponderações realizadas pela gerência da obra, entende-se que embora os testes de aderência tenham ficado aquém das exigências da Norma ABNT NBR 13.749/96, onde o revestimento é admitido se pelo menos quatro dos valores obtidos forem maiores ou iguais a 0,30 Mpa, o revestimento de fachada do edifício tema do estudo de caso desse trabalho, ressalvadas possibilidades de falhas localizadas que não dependem exclusivamente da propriedade aderência (fissuras e infiltrações pontuais) apresenta-se com boa qualidade e compatível para desempenhar as funções de revestimento de fachada da edificação. (CARVALHO JÚNIOR, 2013).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cada vez mais se tem dado maior atenção ao desempenho dos revestimentos em função das normas de desempenho. O que essa pesquisa demonstrou, especialmente após a apresentação do estudo de caso, é que o ensaio pode ser um indicador, mas é de fundamental importância que a construtora tome todos os cuidados e que, notadamente tenha controle de produção.

Uma medida fundamental para se alcançar melhor qualidade do revestimento é a elaboração de um projeto específico, com os parâmetros necessários à adequada execução dos serviços. A aplicação dessas medidas devem ser adotadas ainda na etapa de projeto. Bons processos de trabalho 'podem' permitir a obtenção de melhores resultados de desempenho em testes de aderência.

Outro ponto a se destacar na intencionalidade técnica de garantir resultados aceitáveis nos ensaios de aderência de revestimentos consiste em possuir uma visão sistêmica do processo de desenvolvimento, seja do projeto ou da execução. Nesses termos, o subsistema revestimento deve estar inserido no contexto amplo da edificação e principalmente estar relacionado aos outros subsistemas que o envolvem. O processo de revestimento é apenas uma parte da obra e deve estar adequadamente vinculado ao todo.

Um dos mais importantes elementos para a adequada execução do revestimento é a utilização de mão-de-obra qualificada. Provavelmente, a mesma equipe que realiza os trabalhos em fachada não está preparada para realizar os revestimentos internos. Há competências específicas para trabalhos diferentes.

Finalmente, se por um lado as exigências da norma 13.749/1996 para a realização do teste de resistência de aderência à tração (Ra) podem representar a redução da ocorrência de patologias nos revestimentos, os parâmetros exigidos no ensaio de aderência de revestimentos - seis dos 12 CP analisados devem apresentar resultados iguais ou superiores a 0,30 MPa - representa um valor talvez um tanto quanto rigoroso. Limitar uma análise da resistência de aderência apenas aos valores obtidos no ensaio pode ser um equívoco, na medida em que é de absoluta relevância uma análise sistêmica do processo.

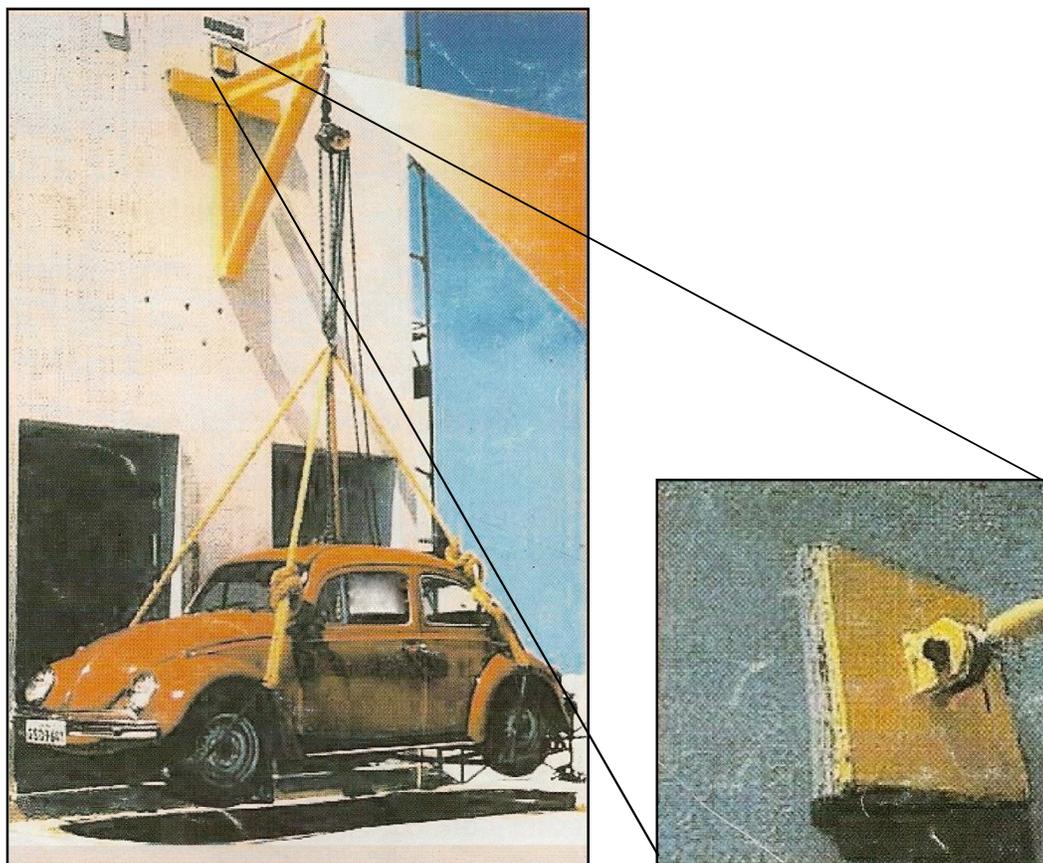


Figura 5.1: Teste de aderência de um automóvel conforme exigências da norma 13.749/1996 quanto aos parâmetros de resistência de aderência à tração (Ra). Placa 30 cm x 30 cm = 900 cm². fusca: 800 a 900 Kg, 900 Kgf/900 cm²= 1 kgf/cm² \cong 0,1 Mpa, 1/3 da exigência da NBR 13.749.

Fonte: XSBTA, 2013

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, ABCP. Comunidade da Construção. **Manual de Revestimentos de Argamassa**. Disponível em <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/279/anexo/ativosmanu.pdf>. Acesso em 16 ago. 2013b, às 13h31min. Belo Horizonte, CCBH, 2013a, 104p.

_____. Comunidade da Construção. **Revestimento de Argamassa**. Disponível em <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/4/caracteristicas/o-sistema/61/caracteristicas.html>. Acesso em 15 ago. 2013, às 20h 15. Belo Horizonte, CCBH, 2013b.

_____. RAYDAN, Geraldo Lincoln; RIBEIRO, Patrícia Tozzini (Org.). Grupo de trabalho em Revestimento de Argamassa- GTRA. Comunidade da Construção de Belo Horizonte 2010-2011, 4º ciclo. **Guia avaliação e interpretação de ensaios de sistemas de revestimento de argamassa**. Belo Horizonte, CCBH, 2011, 21p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.528**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 13.529**: Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995a.

_____. **NBR 13.530**: Revestimentos de paredes e tetos de argamassa inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995b.

_____. **NBR 13.749**: Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – especificações. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 13.755**: Revestimentos de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento. Rio de Janeiro, 1996b.

_____. **NBR 7200** – Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

BRANCO, Luiz Antônio Melgaço Nunes; CARVALHO JÚNIOR, Antônio Neves de; COSTA, Antônio Gilberto. **A seleção e especificação de argamassas de**

assentamento de rochas ornamentais visando a maximização de desempenho do sistema de revestimento. Belo Horizonte, *s.d.*, mimeo.

CARASEK, Helena. **Diretrizes para a interpretação de resultados de ensaios de resistência de aderência em revestimentos de argamassa.** Goiânia: Universidade Federal de Goiás (UFG). Núcleo de Tecnologia das Argamassas e Revestimentos. *s.d.*, apresentação ppt.

CARVALHO JÚNIOR, Antônio Neves de. **Avaliação da Aderência dos Revestimentos Argamassados: uma Contribuição a Identificação do Sistema de Aderência Mecânico.** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2005. (Tese, Doutorado em Engenharia Metalúrgica e Minas).

CARVALHO JÚNIOR, Antônio Neves de. **RES: Relatório de Aderência (REL. 0141).** Belo Horizonte, 17 mai. 2013 às 15h13min. (E-mail encaminhado), *mimeo*.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CASCUDO, H. C. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995. Boletim Técnico n. 68.

ENGENHARIA CIVIL (Blog). DANTAS, Igor. **Revestimento de paredes – Chapisco / Emboço/ Reboco.** Disponível em <http://engciv.wordpress.com/2012/06/20/revestimento-de-paredes-chapisco-emboco-reboco/>. Acesso em 15 ago. 2013.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. **Concreto de Cimento Portland.** Capítulo 29. In: ISAIA, Geraldo (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** 2 ed. IBRACON, 2010. v.1 & v.2. p. 945-984 ISBN 978-85-98576-14-5 e 978-85-98576-15-2

NAKAMURA, Juliana. Revestimento. Teste Padrão. Ensaio de aderência de revestimentos de argamassa foi padronizado depois da revisão da NBR 13.528 para auxiliar os construtores no controle das variáveis que interferem no desempenho do produto. **Téchne**, n. 196 - Julho 2013. Disponível em <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/159/teste-padrao-ensaio-de-aderencia-de-revestimentos-de-argamassa-176471-1.asp>. Acesso em 15 ago. 2013, às 12h40.

QUIRINO, Raquel. **Metodologia Científica.** Escola de Saúde Pública de Minas Gerais, 2005.

- SABBATINI, F. H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílicocalcária.** São Paulo. 1984. 298 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- SABBATINI, F. H. Patologia das argamassas de revestimentos – aspectos físicos. In: **Simpósio Nacional de Tecnologia da Construção**, 3., 1986, São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1986, p. 69-76.
- SILVA, Ângelo Justa da Costa e. **Método para gestão das atividades de manutenção de revestimentos de fachada.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008 (Tese, Doutorado em Engenharia Civil).
- SILVA, Narciso Gonçalves da. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006 (Dissertação, Mestrado em Construção Civil).
- XSBTA. Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. **Apresentação ppt.** Fortaleza (CE), 07 a 09 de maio de 2013.