

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE
CONSTRUÇÃO NA PRODUÇÃO DE
ARGAMASSA DE REVESTIMENTO**

**ALINE CRISPIM CANEDO
FERNANDO BUIATE BRANDÃO
FERNANDO LUIZ PEIXOTO FILHO**

GOIÂNIA
2011

Aline Crispim Canedo
Fernando Buiate Brandão
Fernando Luiz Peixoto Filho

REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Helena Carasek

GOIÂNIA
2011

Aline Crispim Canedo
Fernando Buiate Brandão
Fernando Luiz Peixoto Filho

REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Aprovado em _____ / _____ / _____.

Prof.^a Dr.^a Helena Carasek (Orientadora)
Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Oswaldo Cascudo (Examinador)
Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Renato Angelim (Examinador)
Universidade Federal de Goiás

Atesto que as revisões solicitadas foram feitas:

Prof.^a Dr.^a Helena Carasek

Em: _____ / _____ / _____

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que nunca falha e nos dá forças e sonhos para prosseguir e atingir nossos objetivos.

À nossa orientadora a professora doutora Helena Carasek, agradecemos toda a atenção dispensada ao longo das disciplinas por ela ministradas e durante a elaboração deste trabalho.

A empresa Rodrigues da Cunha, em especial ao engenheiro Renato Rodrigues da Cunha Neto, que nos apoiou e permitiu que realizássemos os ensaios na obra do edifício Ícone Residence, agradecemos a todos de sua equipe, o engenheiro responsável pela obra, Robson Albuquerque Brandão.

A empresa Carlos Campos Consultoria e Construções Limitada, que viabilizou os experimentos dessa pesquisa com emprego de material e pessoal técnico especializado.

Aos nossos pais, que nos incentivaram e apoiaram nessa jornada de estudos, sem o apoio dos mesmos não chegaríamos a finalização desta etapa acadêmica.

RESUMO

Nas últimas duas décadas houve um crescimento nos estudos sobre reciclagem e reaproveitamento de resíduos na construção civil. Várias pesquisas desenvolvidas em laboratório estudaram os efeitos da incorporação desses resíduos na produção de novos materiais de construção. E apesar dos resultados terem comprovado a eficiência desta prática, a reciclagem de resíduos como materiais de construção é ainda tímida, principalmente nos países em desenvolvimento.

Uma opção promissora para a aplicação dos resíduos é a utilização deste como agregados em argamassas de revestimento. Mas para que o reaproveitamento se torne uma prática usual pelas construtoras brasileiras, é necessário comprovar que é possível reproduzir na obra os bons resultados obtidos em laboratório, além de propor processos de beneficiamento mais simples do resíduo de serem executados na própria obra.

O objetivo principal do trabalho foi de analisar em obra o desempenho do revestimento de argamassa produzido utilizando-se os resíduos de argamassa, comparando-o com os revestimentos produzidos a partir dos traços já utilizados pela construtora. Além de estudar a economia proporcionada pelo processo de reaproveitamento, verificando a relação custo e benefício de implantação do mesmo. Em um segundo plano verificar a influência de aditivos retardadores de pega, e diferentes tipos de tratamento do substrato no comportamento da argamassa de revestimento.

A parte experimental consistiu na execução de seis painéis, expostos as mesmas condições ambientais as quais uma fachada de um edifício é submetida, visando analisar a influência das seguintes variáveis: chapisco convencional, solução de cal como alternativa ao chapisco, chapisco com utilização de chapix aplicado diretamente na estrutura, argamassa de revestimento convencional, argamassa de revestimento com utilização de aditivo retardador de pega e argamassa de revestimento com utilização de resíduo de argamassa.

Os resultados obtidos indicam que o resíduo de argamassa pode ser utilizado para a produção de revestimentos de argamassa mista (de cimento e cal), obtendo bom resultado de aderência à tração, e baixos níveis de fissuras. Porém necessita de um peneiramento mais fino para obter um melhor acabamento superficial.

Palavras-chave: Revestimento; argamassa; Resíduo de Construção e Demolição (RCD); aderência

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Formas de ruptura dos corpos de prova.....	21
Figura 3.1 – Local de execução dos painéis para realização dos ensaios.....	36
Figura 3.2 – Pedreiro executando o revestimento de argamassa nos painéis.....	37
Figura 3.3 – Peneiramento do resíduo para preparação do traço com reaproveitamento de argamassa.....	39
Figura 3.4 – Aditivos utilizados: (a) Vedalit (b) MSET-R (c) ChapixSBR.....	39
Figura 3.5 – Base utilizada para aplicação do revestimento.....	40
Figura 3.6 – Momento da aplicação de revestimento sobre asolução de cal e localização da calha de entulhos.....	42
Figura 3.7 – Argamassa convencional pronta.....	43
Figura 3.8 – Coleta do resíduo.....	44
Figura 3.9 – (a) Peneiramento do resíduo; (b) Medida do resíduo para aplicação no traço; (c) Lançamento dos materiais na betoneira; (d) Lançamento do cimento na betoneira; (e) Lançamento da cal na betoneira; (f) Argamassa em fase final de mistura.....	45
Figura 3.10 – Verificação da espessura do revestimento.....	45
Figura 3.11 – Corte dos corpo de prova com serra copo.....	48
Figura 3.12 – Colagem das pastilhas metálicas.....	49
Figura 3.13 – Aplicação da carga através do aparelho de tração acoplado à pastilha metálica.....	49
Figura 3.14 – Coleta do resíduo gerado na execução de reboco externo de argamassa.....	51
Figura 4.1 – (a) Ruptura no substrato; (b) Ruptura na argamassa; (c) Ruptura na interface argamassa chapisco.....	53
Figura 4.2 – Médias dos resultados obtidos mantendo-se constante a base (alvenaria) e o preparo com chapisco convencional.....	54
Figura 4.3 – Médias dos resultados obtidos mantendo-se constante a base (estrutura) e o preparo com chapisco.....	55

Figura 4.4 – Médias dos resultados obtidos mantendo-se constante a base (alvenaria) e o reboco.....	56
Figura 4.5 – Revestimento com aplicação de solução de cal em substituição do chapisco.....	56
Figura 4.6 – Médias dos resultados obtidos mantendo-se constante a base (estrutura) e o reboco.....	57
Figura 4.7 – Textura do painel com traço utilizando retardador de pega MSET-R.....	59
Figura 4.8 – Textura do painel com traço utilizando resíduo de argamassa.....	60
Figura 4.9 – Textura do painel com traço utilizando resíduo de argamassa e retardador de pega MSET-R.....	60
Figura 4.10 – Fissuras no painel com retardador de pega MSET-R.....	61
Figura 4.11 – Coloração dos painéis: (a) Painel com aditivo retardador de pega; (b) Painel com resíduo de argamassa; (c) Painel com aditivo retardador de pega e resíduo de argamassa.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Consistência da argamassa (Carasek, 2010).....	16
Tabela 2.2 - Retração de algumas argamassas e uma pasta, aos 7 e 28 dias (adaptado de FIORITO, 1994 por Carasek, 2010).....	19
Tabela 3.1 – Indicação dos traços de cada painel.....	47
Tabela 4.1 – Apresentação dos resultados de resistência à tração.....	52
Tabela 4.2 – Limites mínimos de resistência de aderência à tração (Ra) para emboço e camada única NBR 13749 (ABNT, 1995).....	53
Tabela 4.3 – Média dos resultados dos ensaios tácteis-visuais.	58
Tabela 4.4 – Resultados das coletas de revestimento.....	62
Tabela 4.5 – Custo para a produção de traços – argamassa convencional.	63
Tabela 4.6 – Custo para a produção de traços – argamassa com resíduo.....	63
Tabela 4.7 – Economia com caçambas de entulho	64
Tabela 4.8 – Economia com caçambas de entulho	64

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	3
RESUMO.....	4
LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABELAS	7
1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DA LITERATURA	12
2.1 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO	12
2.1.1 <i>Materiais constituintes</i>	<i>13</i>
2.1.2 <i>Funções do revestimento de argamassa.....</i>	<i>14</i>
2.1.3 <i>Propriedades das Argamassas e Revestimentos.....</i>	<i>14</i>
2.2 REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO	25
2.2.1 <i>Importância da reciclagem.....</i>	<i>28</i>
2.2.2 <i>Dificuldades encontradas na reciclagem</i>	<i>29</i>
2.3 REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS PARA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA	31
3 ESTUDO DE CASO	35
3.1 METODOLOGIA.....	35
3.1.1 <i>Materiais utilizados</i>	<i>38</i>
3.1.2 <i>Tipos de substrato utilizados</i>	<i>40</i>
3.1.3 <i>Processo de Preparação da base</i>	<i>40</i>
3.1.4 <i>Processo de Produção da Argamassa</i>	<i>42</i>
3.1.5 <i>Utilização do mesmo profissional e ferramentas</i>	<i>46</i>
3.1.6 <i>Condições climáticas semelhantes</i>	<i>46</i>
3.1.7 <i>Idade de avaliação.....</i>	<i>47</i>
3.1.8 <i>Espessura dos revestimentos</i>	<i>47</i>
3.1.9 <i>Divisão dos painéis.....</i>	<i>47</i>
3.2 MÉTODOS.....	47
3.2.1 <i>Determinação da resistência de aderência à tração dos revestimentos</i>	<i>48</i>
3.2.2 <i>Avaliação Táctil-Visual dos Revestimentos.....</i>	<i>49</i>

3.2.3	<i>Quantificação do resíduo gerado durante a produção dos revestimentos de fachada</i>	51
4	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	52
4.1	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO	52
4.2	AVALIAÇÕES TÁCTEIS-VISUAIS	57
4.2.1	<i>Dureza ao risco</i>	58
4.2.2	<i>Textura superficial</i>	59
4.2.3	<i>Grau de Fissuração</i>	60
4.2.4	<i>Cor</i>	61
4.3	COLETA DE RESÍDUOS DE ARGAMASSA E ANÁLISE ECONÔMICA	62
5	CONCLUSÃO	66
6	BIBLIOGRAFIA	67
	APÊNDICES	70
	ANEXOS	74

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O grave problema mundial gerado pelos resíduos de construção e demolição (RCD) tem intensificado os estudos para aproveitamento desses materiais, tornando cada vez mais ampla sua utilização na composição de novos produtos, a serem utilizados nas obras, com baixo custo e boa qualidade.

Segundo Miranda (2000), a construção civil é, em qualquer sociedade, o setor responsável pelo consumo do maior volume de recursos naturais, em estimativas que variam entre 15% e 50% dos recursos extraídos, além de seus produtos serem grandes consumidores de energia.

De acordo com Pinto (1999) o setor da construção civil, no Brasil, é responsável por cerca de metade da massa total de resíduos sólidos urbanos. Os custos e a falta de locais adequados para descarte desses materiais são fatores que despertam interesse das empresas em promover e patrocinar pesquisas em reciclagem de RCD.

A utilização de resíduos na composição de argamassas pode ser uma solução viável econômica e tecnicamente; esta utilização, apesar da carência de estudos mais aprofundados, vem desenvolvendo-se de forma acelerada, determinando suas possibilidades que, predominantemente, são baseadas em estudos laboratoriais e não conseguem retratar, com precisão, a realidade dos canteiros de obra no Brasil.

Este trabalho apresenta um estudo em obra, na cidade de Goiânia - GO, mostrando a possibilidade de implantação do sistema de reaproveitamento de parte do resíduo de construção na produção de argamassa, dentro do próprio canteiro de obras, com baixo custo de implantação.

Assim este trabalho tem como objetivo principal analisar em obra o desempenho do revestimento de argamassa, produzido utilizando-se os resíduos de argamassa, comparando-o com os traços já utilizados pela construtora, verificando sua viabilidade e eficiência técnica, sem a necessidade de processamento específico deste resíduo.

A proposta de analisar esse tipo de revestimento em obra se dá pela possibilidade de observar seu comportamento no ambiente real de trabalho, expostos às intempéries e variações

correntes em obra. Visto que as diversas pesquisas que analisaram esse tipo de revestimento, obtiveram resultados satisfatórios, porém, foram desenvolvidas somente em laboratório.

Analisou-se também economicamente o processo de reaproveitamento, quantificando o resíduo que inevitavelmente é perdido durante o processo executivo do revestimento, computando assim, a porcentagem desperdiçada. Além de comparar os custos gastos na produção do traço convencional e do com resíduo, avaliando a economia proporcionada com o reaproveitamento, verificando assim, a relação custo e benefício de implantação deste processo.

Em um segundo plano verificou-se a influência de aditivos retardadores de pega e dos diferentes tipos de chapiscos no comportamento da argamassa de revestimento.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

Segundo a NBR 13529 (ABNT, 1995), argamassa de revestimento é a 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.

A argamassa possui um extenso campo de aplicação na construção civil, podendo ser utilizada desde o assentamento de alvenaria até o revestimento interno e externo, além de regularização de pisos e ainda assentamento e rejuntamento de revestimentos de cerâmica e pedra, sendo portanto, um material muito empregado na construção civil.

A argamassa de revestimento é utilizada, geralmente, como preparação da base (muros, paredes, estruturas etc.) para receber os acabamentos finais, tais como pintura e revestimento cerâmico, podendo também ser o próprio acabamento final.

De acordo com Carasek (2010), o revestimento de argamassa pode ser constituído por várias camadas com características e funções específicas, as quais sejam:

Chapisco: camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção de água e melhorar a aderência do revestimento, além de contribuir com a estanqueidade da vedação.

Emboço: camada de revestimento utilizada para cobertura da base, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo (por exemplo, cerâmica);

Reboco: camada de revestimento utilizada para cobertura do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo (por exemplo, pintura) ou que se constitua no acabamento final.

Camada única: revestimento de um único tipo de argamassa aplicado à base, sobre o qual é aplicada uma camada decorativa, como, por exemplo, a pintura; também chamada popularmente de “massa única” ou “reboco paulista” é atualmente a alternativa mais empregada no Brasil.

Revestimento decorativo monocamada (ou monocapa) – RDM: trata-se de um revestimento aplicado em uma única camada que faz, simultaneamente, a função de regularização decorativa, muito utilizado na Europa. A argamassa de RDM é um produto industrializado, ainda não normalizado no Brasil, com composição variável de acordo com o fabricante, contendo geralmente: cimento branco, cal hidratada, agregados de várias natureza, pigmentos inorgânicos, fungicidas, além de vários aditivos (plastificantes, retentor de água, incorporador de ar, hidrofugantes ou hidro-repelentes, etc.).

2.1.1 Materiais constituintes

As argamassas podem ser constituídas dos mais diversos tipos de materiais, os principais são:

- Aglomerantes: cimento, cal e gesso;
- Agregados: naturais e artificiais;
- Adições: entulho reciclado, filito cerâmico, material pozolânico, pó calcário, saibro, solo fino, vermiculita, fibras etc.;
- Aditivos: incorporador de ar, retardador de pega, hidrofugante, redutor de permeabilidade, retentor de água, etc.

De acordo com o tipo de aplicação e desempenho desejados há uma variação no percentual de cada um dos materiais empregados, podendo haver argamassas mistas, compostas de mais de um aglomerante, e argamassas com diversos tipos de agregados.

As argamassas mais empregadas para revestimentos são as mistas, de cimento e cal. A função principal do cimento como aglomerante é garantir resistência mecânica (indicada pela resistência à compressão e resistência superficial) e aderência de revestimentos. A cal é responsável prioritariamente por proporcionar trabalhabilidade (plasticidade), aumentar a extensão de aderência da argamassa no estado fresco, garantir durabilidade e melhorar a estanqueidade, pela diminuição da rigidez e pela menor retração por secagem (menor nível de fissuras).

A função da areia (agregado miúdo) na argamassa é econômica e tecnológica contribuindo para otimizar as propriedades das argamassas, tais como a durabilidade, trabalhabilidade, textura final e resistência mecânica dos revestimentos, além de funcionar como “esqueleto sólido”, reduzindo os efeitos da retração plástica.

Os aditivos e adições servem para otimizar alguma característica específica da argamassa, como, por exemplo, a vermiculita expandida que diminui a massa específica da argamassa em regularizações, além de proporcionar maior isolamento térmico e acústico. E o retardador de pega que aumenta o tempo para transporte e aplicação da argamassa de revestimento. Existe ainda os aditivos incorporadores de ar, que é adicionado devido ao seu efeito plastificante, proporcionando maior trabalhabilidade à argamassa.

2.1.2 Funções do revestimento de argamassa

Segundo Carasek (2010) as principais funções de um revestimento de argamassa de parede são:

- proteger a alvenaria e a estrutura contra a ação do intemperismo, no caso dos revestimentos externos;
- 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;
- regularizar a superfície dos elementos de vedação contribuindo para a estética da edificação, servindo como base para acabamentos decorativos ou sendo o próprio acabamento final.

2.1.3 Propriedades das Argamassas e Revestimentos

As argamassas devem possuir propriedades de modo a satisfazer as funções à qual se destina, proporcionando qualidade e durabilidade aos revestimentos. As principais propriedades necessárias são: trabalhabilidade, retração, aderência, permeabilidade à água, resistência mecânica e capacidade de absorver deformações.

a) Trabalhabilidade

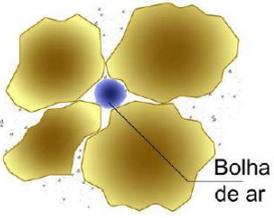
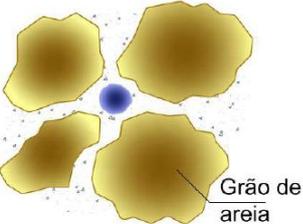
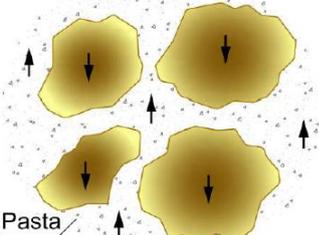
Segundo Carasek (2010), trabalhabilidade é propriedade das argamassas no estado fresco que determina a facilidade com que elas podem ser misturadas, transportadas, aplicadas, consolidadas e acabadas, em uma condição homogênea. Em outras palavras, trabalhabilidade se refere à maneira como a argamassa trabalha durante o seu manuseio, desde a preparação até o acabamento final. Esta é uma característica importante a se considerar no campo das inovações das argamassas, no caso do revestimento, as modificações além de não comprometerem as exigências mecânicas, devem permitir ao operador executar o serviço com boa produtividade, garantindo que o revestimento fique adequadamente aderido à base e apresente o acabamento superficial especificado.

A trabalhabilidade é uma propriedade resultante da conjunção de outras propriedades, como: consistência, plasticidade, retenção de água e de consistência, coesão, exsudação, densidade de massa e adesão inicial. O grau de importância dessas propriedades varia de acordo com o tipo e função da argamassa, por exemplo, no caso de revestimento, a adesão inicial se destaca.

- **Consistência e Plasticidade**

A consistência se refere à facilidade com que a argamassa deforma-se sob a ação de cargas. Esta característica está diretamente relacionada ao comportamento interno das partículas, que varia de acordo com a quantidade de pasta aglomerante existente ao redor dos agregados. A argamassa é classificada quanto à consistência em seca, plástica ou fluida, como demonstrado no Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Consistência da argamassa (Carasek, 2010).

CONSISTÊNCIA	Argamassa Seca	A pasta aglomerante somente preenche os vazios entre os agregados, deixando-os ainda em contato. Existe o atrito entre as partículas que resulta em uma massa áspera.	
	Argamassa Plástica*	Uma fina camada de pasta aglomerante "molha" a superfície dos agregados, dando uma boa adesão entre eles com uma estrutura pseudo-sólida.	
	Argamassa Fluida	As partículas de agregado estão imersas no interior da pasta aglomerante, sem coesão interna e com tendência de depositar-se por gravidade (segregação). Os grãos de areia não oferecem nenhuma resistência ao deslizamento, mas a argamassa é tão líquida que se espalha sobre a base, sem permitir a execução adequada do trabalho.	

* Obs.: O termo consistência plástica pode gerar alguma confusão entre os conceitos das propriedades consistência e plasticidade. Poder-se-ia, então, propor o termo consistência adequada para substituir consistência plástica. No entanto, isso não é feito, pois nem sempre a consistência adequada para uma argamassa é a plástica, como é o caso das argamassas de contrapiso que são elaboradas com uma consistência seca, para permitir a sua compactação.

A plasticidade é a propriedade pela qual a argamassa tende a conservar-se deformada após a retirada das tensões de deformação, sendo influenciada pelos tipos e pelas quantidades de aglomerantes e agregados, pelo tempo e intensidade de mistura, além de pela presença de aditivos (principalmente aditivos incorporadores de ar). A plasticidade adequada varia de acordo com a finalidade e forma de aplicação da argamassa.

Segundo Carasek (2010) do ponto de vista do comportamento reológico das argamassas, a consistência, que diz respeito à sua maior ou menor fluidez, está associada à capacidade da mistura em resistir ao escoamento. Portanto, argamassas de consistências mais fluidas representam misturas com menores valores de tensão de escoamento, sendo verdadeira a recíproca (seja qual for o modelo reológico considerado para a argamassa em questão). Ainda em termos reológicos, a plasticidade está relacionada com a viscosidade da argamassa.

Existe uma grande dificuldade em avaliar, quantificar e prescrever valores de trabalhabilidade das argamassas por meio de ensaios, por estar sujeita à fatores externos como as propriedades do substrato, da habilidade do pedreiro que está executando o serviço e da técnica de aplicação.

Porém existem vários métodos empregados para a medida da consistência e da plasticidade, fornecendo assim, parâmetros para a avaliação indireta da trabalhabilidade, permitindo controlar a argamassa no estado fresco. Para controle da consistência Carasek (2007) propõe o método da penetração do cone, prescrito pela ASTM C 780 (ASTM, 1996), ensaio que mede principalmente a tensão de escoamento. Para medir a plasticidade é recomendado o ensaio de avaliação do índice de consistência pelo espalhamento do tronco de cone na mesa ABNT (flow table), regulamentado pela NBR 7215 (ABNT, 1996), este método consiste em impor à argamassa uma deformação através de vibração ou choque, que além de avaliar a viscosidade, que é a base para estimar a plasticidade da argamassa, avalia também as tensões de escoamento que são usadas para medir a consistência, esta última, porém, de forma menos eficiente que o método do cone, mais sensível à alteração no teor de água da mistura.

Vale ressaltar que estes métodos não servem como parâmetros indiscutíveis para definir a trabalhabilidade, que depende de outras características indispensáveis.

- Retenção de água

A retenção de água é uma propriedade que influencia no comportamento da argamassa tanto no estado fresco quanto no estado endurecido. No estado fresco a perda de água de amassamento, seja por evaporação, seja pela absorção de água da base, prejudica a trabalhabilidade da argamassa. Uma perda de água muito acelerada compromete as reações químicas de endurecimento dos aglomerantes, afetando negativamente propriedades como a aderência, a resistência mecânica final e a durabilidade do material aplicado.

- Densidade da Argamassa

Densidade da argamassa é a relação entre a massa e o volume de material. É fácil perceber que quanto menor for a densidade da argamassa mais trabalhável ela será, porque quanto mais leve, menor o esforço empregado na aplicação, aumentando a produtividade do serviço. A densidade está ligada diretamente à massa específica dos materiais constituintes da argamassa, principalmente do agregado, e com o teor de ar incorporado.

Segundo Carasek (2010) a determinação da densidade de massa das argamassas no estado fresco é feita pelo método da NBR 13278 (ABNT, 2005) e representa a relação entre a massa e o volume do material, sendo expressa em g/cm^3 , com duas casas decimais.

- **Adesão inicial**

Segundo Carasek (2010) a adesão inicial é a capacidade de união inicial da argamassa no estado fresco ao substrato. Está diretamente relacionada com as características reológicas da pasta aglomerante, especificamente a sua tensão superficial. A redução da tensão superficial da pasta favorece a “molhagem” do substrato, reduzindo o ângulo de contato entre as superfícies e contribuindo com a adesão. Esse fenômeno propicia um maior contato físico da pasta com os grãos de agregado e também com a base, melhorando assim, a adesão. No caso das argamassas de revestimento essa propriedade influencia consideravelmente a produtividade.

b) Retração

A retração é um fenômeno que ocorre devido à variação de volume da pasta aglomerante, principalmente pela perda da água de amassamento, influenciando no desempenho das argamassas de revestimento, especialmente quanto à estanqueidade e à durabilidade.

Parte da retração pode ocorrer devido às reações químicas de hidratação do cimento, mas a parte principal ocorre devido à secagem da água em excesso de sua composição, por isso também é chamada de retração por secagem ou plástica. Assim, quanto maior for a relação água/aglomerante, mais susceptível à retração será a pasta. A argamassa é uma mistura de pasta de aglomerante com agregado miúdo, geralmente areia, o agregado atua como um esqueleto sólido que evita parte das variações volumétricas e, conseqüentemente parte das fissuras que poderiam ocorrer.

O início da retração se dá ainda no estado fresco e persiste mesmo após o endurecimento do material, porém quando a secagem é lenta, a argamassa tem tempo suficiente para atingir a resistência à tração necessária para suportar as tensões que geram as fissuras. Por isso, o clima no momento da aplicação da argamassa é importante e influencia na ocorrência da retração, pois calor, baixa umidade relativa do ar e ventos fortes aumentam a velocidade de evaporação da água. Esta velocidade também é aumentada caso a argamassa seja aplicada sobre substrato muito absorvente.

As fissuras geradas nos revestimentos devido à retração são mapeadas, ou seja, formam um ângulo aproximadamente de 90 graus entre si. Com relação à espessura, as camadas de argamassa que são aplicadas em espessuras maiores, superiores a 25 mm, estão mais sujeitas a sofrerem retração na secagem e apresentarem fissuras.

As argamassas com um alto teor de cimento são mais sujeitas às tensões que causarão o aparecimento de fissuras prejudiciais durante a secagem, além das trincas e possíveis descolamentos da argamassa já no estado endurecido. Isto porque quanto maior o teor de cimento na argamassa mais rígida ela será, tendo assim, maior módulo de elasticidade. O volume de vazios, determinado pela granulometria do agregado miúdo, é outro fator importante, pois quanto maior for este volume mais pasta de aglomerante será necessária para preenchê-lo, aumentando assim o potencial de retração.

Materiais pulverulentos (grãos com tamanho inferior a 0,075 mm) também influenciam na ocorrência de retração por secagem. Geralmente quanto maior o teor de finos mais água de amassamento é necessária, pois possuem alto poder plastificante, devido à sua alta superfície específica e à sua natureza.

No caso de argamassas que servirão de base para revestimento colado ou ate mesmo outras camadas de argamassa, é recomendado que aguarde 7 dias, no mínimo, para execução de camadas subsequentes, pois nesse período, a retração da argamassa é grande, da ordem de 60% a 80% do valor aos 28 dias, conforme mostra o tabela 2.2, garantindo assim a estabilidade dimensional da base.

Tabela 2.2 - Retração de algumas argamassas e uma pasta, aos 7 e 28 dias (adaptado de FIORITO, 1994 por Carasek, 2010)

Material		Relação a/agl.	Retração aos 28 dias (‰)	Retração aos 7 dias	
				‰	% aos 28 dias
Argamassa cimento:cal:areia (volume)	1:0:3	0,47	0,607	0,396	65%
	1:0:5	0,64	0,649	0,379	58%
	1:3:12	0,88	0,642	0,489	76%
Pasta de cimento		0,30	1,416	1,018	72%

c) Aderência

A aderência é, segundo a NBR 13528 (ABNT, 2010), a propriedade do revestimento em resistir a tensões normais ou tangenciais atuantes na interface com o substrato. É uma das

características principais das argamassas de revestimento, é ela que garante a união da argamassa com qualquer que seja a base de aplicação.

Trata-se de um parâmetro altamente variável, sendo influenciado pelos materiais constituintes da argamassa (teor de cimento, relação água/cimento, agregados, aditivos etc.), pelo material do substrato (bloco cerâmico, bloco de concreto, estrutura), pelos processos executivos, pelas condições ergonômicas do aplicador, pelas condições climáticas no momento da aplicação, pela limpeza da base, entre outros.

No Brasil, a NBR 13749 (ABNT, 1996) exige que, para o revestimento externo de argamassa, o valor mínimo para resistência de aderência à tração seja de 0,30 MPa em idades superiores aos 28 dias. Uma vez que um baixo valor de resistência pode causar manifestações patológicas, por exemplo, descolamentos e fissuras, trazendo, além de desconforto na habitabilidade, prejuízos econômicos.

A propriedade de aderência é avaliada baseando-se na resistência de aderência à tração, conforme o ensaio designado pela NBR 13528 (ABNT, 2010), que determina a tensão máxima suportada por um corpo-de-prova de revestimento, quando submetido a um esforço normal de tração. A norma determina os seguintes procedimentos:

- Condições de preparo: Os corpos de prova podem ser preparados *in situ*, em revestimentos de construções acabadas, antigas ou recentes, ou preparados em laboratório em revestimentos aplicados sobre painéis de alvenaria, componentes de alvenaria (blocos e tijolos), placas de concreto etc. Em estudo de laboratório, as características dos revestimentos devem ser selecionadas conforme os objetivos a que se propõe o ensaio e, no caso de argamassas industrializadas devem ser seguidas as indicações do fabricante quanto ao processo de aplicação, espessura, acabamento, etc.
- Amostragem: Deve-se definir a área de revestimento necessária ao número de corpos-de-prova (parte do revestimento de argamassa, de seção circular, com 50 mm de diâmetro, que é delimitada por corte) a ser ensaiados, ensaiando-se pelo menos seis corpos-de-prova, para cada situação, espaçados entre si e dos cantos ou quinas em, no mínimo, 50 mm.
- Corte do revestimento: O corte é feito antes da colagem da pastilha (placa metálica não deformável sob carga de ensaio, de seção circular, com 50 mm de diâmetro, com um dispositivo no centro para acoplamento do equipamento de tração). Deve-se cortar o

revestimento, no mínimo, até a superfície do substrato, a seco ou com água, conforme as características da argamassa. O equipamento utilizado para o corte é a serra de copo, um corpo cilíndrico de altura superior à espessura do revestimento, com borda diamantada ou vídea, provida de eixo central, que garanta a estabilidade do copo durante o corte, de modo a evitar vibrações prejudiciais à integridade do revestimento.

- Colagem da pastilha: Deve-se escovar a superfície do corpo de prova sobre a qual será colada a pastilha, para a remoção de partículas descartáveis. Em superfícies verticais, coloca-se uma tira de papelão na metade inferior do corte, impedindo o escorrimento da cola e o deslizamento da pastilha, removendo-se o excesso de cola.

- Ensaio: Seleciona-se a taxa de carregamento, conforme tabela normatizada, em função da resistência de aderência a tração provável e de tal modo que o ensaio dure entre 10 s e 80 s. Acopla-se o equipamento de tração à pastilha e inicia-se a aplicação do esforço de tração, perpendicularmente ao corpo de prova, até a ruptura do mesmo, anotando-se o valor da carga. Deve-se examinar e registrar a forma de ruptura, verificando a zona mais frágil do revestimento.

- Resultado: A tensão de ruptura é determinada dividindo-se a carga de ruptura pela área da seção do corpo de prova. Os resultados dependem da forma de ruptura do corpo de prova (Figura 2.1), a tensão encontrada equivale à resistência a tração da seção de ruptura.

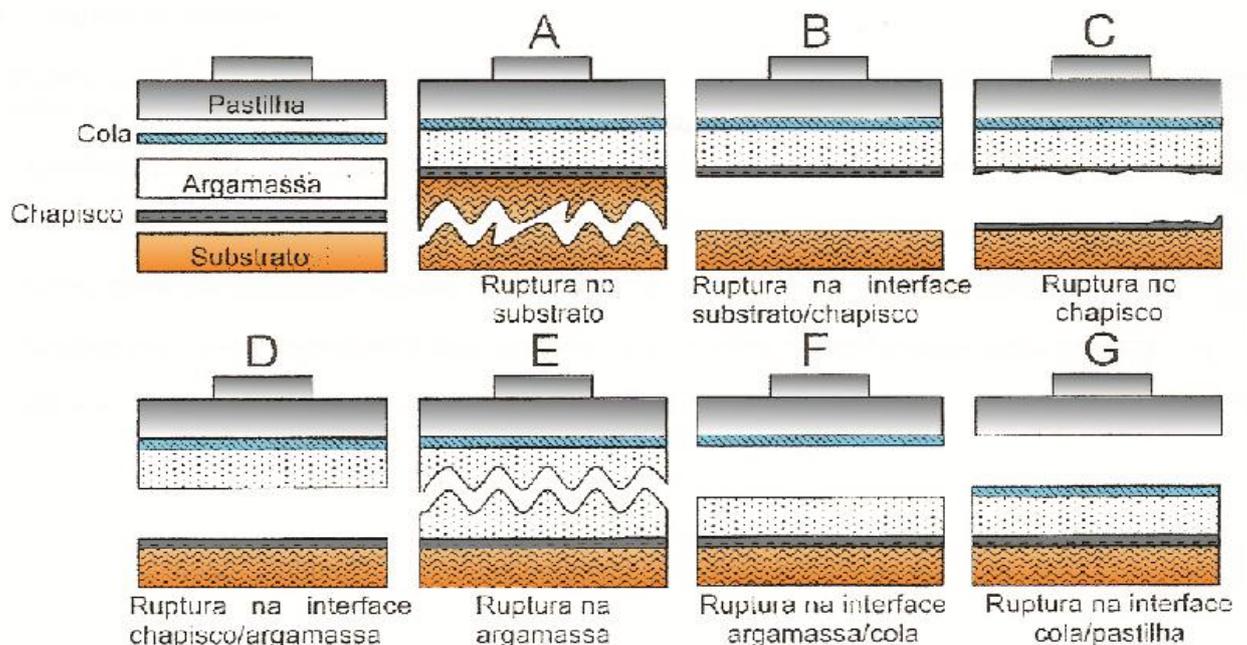


Figura 2.1 – Formas de ruptura do corpo de prova (Adaptado da ABNT NBR 13528:2010).

Apesar da existência da norma, vários pesquisadores tem discutido a variação dos resultados intrínseca no procedimento determinado pela norma, Cincotto (1995), relata que o ensaio de resistência de aderência à tração é bastante variável, podendo apresentar coeficientes de variação da ordem de 10 a 35%, devido a fatores inerentes ao procedimento de ensaio, os quais podem interferir no resultado obtido. Dentre esses fatores, podem ser destacados o ângulo e o equipamento utilizado no corte do revestimento, além da forma e da velocidade de aplicação da carga de arrancamento.

Costa (2009) chegou as seguintes conclusões em seus ensaios sobre a variabilidade dos resultados obtidos na execução do ensaio da NBR 13528, versão 1995:

- A geometria e dimensão do corpo-de-prova, a espessura da camada de cola e a forma de aplicação da carga interferem na distribuição de tensões na interface argamassa-substrato e, conseqüentemente, afetam os valores de resistência de aderência à tração;
- Os corpos-de-prova circulares apresentam maiores valores de aderência em relação aos quadrados, pois os últimos concentram tensões nas suas extremidades;
- O tipo de cola empregado para a realização do ensaio de resistência de aderência à tração não interfere significativamente nos valores de aderência;
- As cargas aplicadas sem excentricidade proporcionam maiores valores de aderência quando comparadas a cargas excêntricas, pois estas não originam efeitos de flexão inicial.

Nakakura *et. al.* (2009), avaliaram o desenvolvimento da aderência com o tempo, mostrando que, devido a evolução das reações de endurecimento dos aglomerantes, independentemente do substrato, do chapisco e da argamassa utilizados no sistema de revestimento, há um aumento da resistência à aderência, indicando que, se um painel for avaliado aos 28 dias e não atender a norma, não significa, necessariamente, que o sistema de revestimento será falho, devendo o mesmo ser reensaiado em idades posteriores, para constatar se houve atendimento ao parâmetro normativo ou se deve ser descartado. No entanto, segundo Carasek (2011) esta afirmação é perigosa, pois vários outros trabalhos experimentais tem mostrado que o aumento da resistência de aderência após 28 dias é muito pequeno ou nulo e pode, ao longo de um período maior, ser reduzido ao invés de aumentado, pois os efeitos das movimentações diferenciadas entre o revestimento e a base (movimentações térmicas, higroscópicas e estruturais) podem levar a uma fadiga da ligação, comprometendo a aderência a longo prazo.

d) Permeabilidade à água

A permeabilidade à água é uma propriedade dos revestimentos relacionada à base e ao próprio revestimento, que deve garantir proteção à base contra ação das chuvas, água de lavagem da edificação, vapores etc., além de servir de parâmetro para determinação da estanqueidade do sistema de vedação.

Há percolação no revestimento a partir dos capilares presentes na estrutura da argamassa endurecida. De acordo com Maciel *et al.* (1998), apesar de ser importante que o revestimento seja estanque, é recomendável que seja permeável ao vapor de água para favorecer a secagem de umidade de infiltração (como a água da chuva, por exemplo) ou decorrente da ação direta do vapor de água, principalmente nos banheiros.

No caso de haver fissuras no revestimento, a percolação de água é mais intensa, comprometendo a estanqueidade do sistema de vedação, necessitando de atenção especial, para que não haja danos na vedação ou no revestimento.

Assim como na aderência, diversos fatores interferem na porosidade e capacidade de absorção dos sistemas de revestimento, os quais sejam: o tipo de base, as proporções e os tipos dos constituintes da argamassa, o procedimento executivo, o grau de fissuração existente e a espessura da camada.

Segundo Sabbatini (1990), existem diversos métodos para a determinação da permeabilidade à água, mas para a maioria não há especificação de valores em função do tipo de revestimento. Um método com critério definido de desempenho é o do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), denominado ensaio de permeabilidade “in situ” que consiste em submeter uma área do revestimento à pressão de água constante, e mede-se o teor de que penetra pela superfície ao final de 24 horas, havendo um valor máximo especificado.

e) Resistência mecânica

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.

Esforços como o desgaste superficial, impactos ou movimentação higroscópica são exemplos de solicitações que exigem resistência mecânica dos revestimentos, pois geram tensões internas que tendem a desagregá-los (SELMO, 1989 *apud* Carasek, 2010).

A resistência mecânica superficial é muito importante para as argamassas de revestimento, pois baixa resistência da superfície gera pulverulência, prejudicando a aderência de camadas de acabamento, como os revestimentos cerâmicos. Um procedimento responsável pela melhora da resistência superficial dos revestimentos de argamassa é o de cura úmida.

Segundo Sabbatini (1990), a resistência mecânica depende dos seguintes fatores:

- a) Consumo e natureza dos aglomerantes e agregados: Quando a proporção de agregado é aumentada, a resistência mecânica do revestimento geralmente diminui. As resistências à tração e compressão das argamassas, tanto simples (cujo único aglomerante é o cimento) como mistas (com cimento e de cal), variam de maneira inversa a relação água/cimento das misturas frescas. Por outro lado, a relação água/cimento varia diretamente com o teor e finura dos agregados (quanto maior o teor de finura maior a resistência a tração e compressão do revestimento). Quanto à natureza dos agregados, sua influência sobre a resistência mecânica dos revestimentos se manifesta sob dois aspectos:
 - Pelo consumo de água de amassamento quando o agregado é excessivamente fino, podendo resultar um revestimento de estrutura porosa e de menor resistência;
 - Quando a fração argilosa ou siltosa do agregado é capaz de recobrir a superfície dos grãos maiores impedindo a sua consolidação no endurecimento da pasta aglomerante. Por outro lado, pode-se esperar alguma contribuição das argilas na resistência mecânica dos revestimentos, se reagirem com os produtos da hidratação do cimento, gerando ligações cimentícias resistentes;
- b) Técnica de execução do revestimento: podem levar a uma maior compactação gerando uma estrutura mais densa e de maior dureza superficial, conseqüentemente com maior resistência às ações de desgaste por abrasão e de impactos. A resistência superficial dos revestimentos também parece favorecida quando o acabamento final é feito com desempenadeira de aço, possivelmente por gerar uma película superficial de baixa porosidade.

A resistência mecânica superficial não possui um método de avaliação quantitativa que seja consagrado. O método mais real para tal avaliação, embora seja empírico, é o do risco na

superfície com um objeto pontiagudo, geralmente um prego, que pode ser feito facilmente dentro do canteiro obras.

f) Capacidade de absorver deformações

As argamassas de revestimento devem ter certa capacidade de absorver deformações sob a ação de tensões provenientes de carregamento, de variações térmicas ou da retração. Deformar-se sem ruptura ou por meio de fissuras não prejudiciais (microfissuras), são maneiras de evitar comprometimento de propriedades importantes para a argamassa como estanqueidade, aderência e durabilidade.

A deformabilidade das argamassas de revestimento está intimamente ligada ao seu módulo de elasticidade e é uma propriedade importante, pois pode determinar a ocorrência de um tipo de fenômeno patológico comum nas fachadas dos edifícios, as fissuras. Muitas aparecem devido às tensões que ocorrem nos revestimentos que não possuem a elasticidade necessária.

A capacidade de absorver deformações de um revestimento depende dos seguintes fatores:

- Espessura das camadas: maiores espessuras melhoram a capacidade de absorver deformações, porém espessuras excessivas podem prejudicar a aderência.
- Módulo de elasticidade: quanto menor o for o módulo da argamassa, menor será a rigidez e, maior será a capacidade de absorver deformações.
- Juntas de trabalho: as juntas diminuem o tamanho dos planos, reduzindo as possíveis tensões que possam surgir, contribuindo para evitar fissuras.

2.2 REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Nas últimas décadas houve um crescimento nos estudos sobre reciclagem e reaproveitamento de resíduos na construção civil, até mesmo elaboração de leis com o intuito de estipular as obrigações dos produtores de resíduo, como é o caso da Resolução nº 307 do CONAMA (2002). Entretanto, principalmente nos países em desenvolvimento a reciclagem de resíduos como materiais de construção é ainda tímida (ÂNGULO *et al.*, 2001).

Esses estudos estão suprimindo uma séria carência de informações sobre as completas características dos RSU (Resíduos Sólidos Urbanos), mais nítida justamente sobre a efetiva

presença dos RCD (PINTO, 1999), que dificultavam a formulação de políticas adequadas. Somente em 2002 os resíduos da construção civil tiveram sua gestão disciplinada, com a publicação da Resolução CONAMA n° 307. Até então as políticas públicas priorizavam o abastecimento de água e a coleta de esgotos, ficando os resíduos sólidos em segundo plano, fato que explica a falta de estudos mais profundos nesta área.

A Resolução n° 307 do CONAMA estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais. Além de considerar que os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos de suas atividades, ficando estes encarregados em diminuir e evitar a geração de resíduos, promover a reutilização e reciclagem e cuidar da destinação final.

A Resolução n° 307 classifica os resíduos da seguinte forma:

I – Classe A – são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II – Classe B – são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

III – Classe C – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

IV – Classe D – são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Apesar da iniciativa do CONAMA ajudar no desenvolvimento dos programas de reciclagem por parte das construtoras, estas ainda enfrentam grandes dificuldades, que serão apresentadas mais detalhadamente a seguir.

Segundo Pinto, em 1999, o setor da construção civil, no Brasil, era responsável por 41% a 70% da massa total de RSU. Essa grande massa de resíduos, quando mal gerenciada, proporcionam graves problemas enfrentados pela Administração Pública. Em Goiânia, por

exemplo, o governo gasta cerca de US\$ 850.000,00 por mês para coletar RCD lançados clandestinamente (CORRÊA; BUTTLER; RAMALHO, 2009).

No Brasil a geração de RCD *per capita* é estimada pela mediana como 500 kg/hab.ano de algumas cidades (PINTO, 1999). Considerando as devidas estimativas o montante brasileiro de resíduos gira na ordem de 90×10^6 ton/ano, sendo que 95% destes resíduos são de interesse para a reciclagem, porém pouco é reaproveitado.

Na produção de matéria prima, a indústria de cimento é um exemplo de sucesso, reciclando principalmente escória de alto forno básica e cinzas volantes, obtendo resultados significativos na redução de CO₂ e na economia de combustível, infelizmente esse exemplo não foi seguido por outras áreas da construção civil.

Na Europa, na década de 80, em virtude da escassez de áreas para a disposição final de RCD, diversas políticas públicas foram elaboradas visando um destino mais nobre aos RCD do que vias e logradouros públicos. A partir deste momento a construção civil passou a valorizar a reciclagem e a minimizar a geração de resíduos (SCHNEIDER, 2003). Hoje juntamente com o Japão a Europa possui as políticas mais elaboradas e consolidadas no que diz respeito sobre conhecimento e controle dos RCD (PINTO, 1999).

As ferramentas usadas nas políticas para minimização dos RCD podem ser implantadas em vários estágios do processo de construção. As políticas podem atuar já mesmo na fase de projeto, influenciando o memorial descritivo da futura obra, em que a os materiais selecionados, além de possuírem as suas características usuais, devem permitir uma futura reciclagem.

Políticas voltadas para o manejo do resíduo desenvolveram significativamente as médias de reciclagem de RCD. Na Dinamarca, após a evolução da taxa de deposição de RCD em aterros, constatou-se um aumento no reaproveitamento dos resíduos. A maior parte dos resíduos reciclados foi absorvida na própria construção civil, como material de aterro e, em menor grau, com sub-base e base de estradas e construção de espaços abertos. Apesar do temor inicial de que a taxação de deposição em aterro viesse estimular a deposição irregular, a Dinamarca presenciou um crescimento significativamente da média de reciclagem, que passou de 25%, em 1990, para 90% em 1999 (SCHNEIDER, 2003).

Em 2002 o Japão introduziu um importante instrumento de política regulatória sem estar associado à taxaço de aterros, esta nova ferramenta obrigava a triagem na obra e posterior entrega de RCD em unidades de reciclagem. Essa exigência foi empregada também aos RCD provenientes de demolição, facilitando o seu reaproveitamento (SCHNEIDER, 2003).

Esta e outras políticas públicas vigentes nesses países promoveram um crescente movimento a favor da reciclagem dos RCD, pois além de eliminar um problema, favorece a geração de materiais de baixo custo e de boa qualidade, como agregados para concreto, contenção de aterros e na construção de bases e sub-bases de rodovias.

2.2.1 Importância da reciclagem

A extração de matéria prima para produção dos materiais necessários na construção civil e sua produção causam grandes impactos negativos ao meio ambiente. Além disso, a indústria da construção civil - construção, manutenção, reforma e demolição - origina uma significativa massa de resíduos urbanos igualmente responsáveis por impactos ambientais e sanitários (SCHNEIDER, 2003).

Segundo Miranda (2000), é muito importante que sejam desenvolvidas técnicas construtivas que diminuam o volume do entulho gerado por obras novas, mas apenas isto não resolve o problema. Existem ainda os entulhos de reformas e demolições que só podem ser combatidos através da educação social para a reciclagem.

Devido ao grande volume de entulho, os aterros urbanos (locais adequados para a disposição dos resíduos) tornam-se cada vez mais escassos, o que aumenta a quantidade de aterros clandestinos agravando os problemas com enchentes urbanas além do aumento dos custos da administração pública.

De acordo com Schneider (2003), os RCD dispostos inadequadamente poluem o solo, degradam paisagens que poderiam estar tornando nossas vidas mais significativas e constituem uma séria ameaça à saúde pública. O acúmulo de RCD em local inadequado atrai resíduos não inertes, oferecendo, simultaneamente, água, alimento e abrigo para muitas espécies de vetores de patogênicos, como ratos, baratas, moscas, vermes, bactérias, fungos e vírus.

A reciclagem dos RCD é importante porque, além da preservação ambiental – ajudando na preservação de reservas de matéria prima, há também uma reutilização de grande parte do entulho, diminuindo a necessidade de novos aterros, trazendo uma preocupação a menos para a administração pública com o atual crescimento da construção civil.

2.2.2 Dificuldades encontradas na reciclagem

A reciclagem de entulho de construção pode ser feita das mais variadas formas, e há relatos de ser utilizada nas obras de engenharia desde a Roma antiga. A primeira utilização significativa de resíduos de construção e demolição foi registrada após o fim da Segunda Grande Guerra, onde milhares de escombros ficaram espalhados pelas cidades. A necessidade de matéria prima para reconstrução e a falta de local de destino dos grandes volumes de resíduos fizeram com que estes materiais fossem reaproveitados. (RAO *et al.*, 2007 *apud* PEDROZO, 2008).

Este exemplo da Segunda Grande Guerra ajuda a mostrar parte dos motivos pelos quais a reciclagem dos resíduos de construção ainda não ocorre em larga escala, em vários países, inclusive no Brasil. Dentre estes motivos pode-se citar: a grande oferta de matéria prima para construção a um preço baixo; o baixo custo para a disposição dos volumes de entulho de construção, principalmente onde costuma ocorrer de forma irregular e/ou em bota-foras clandestinos; falta de legislação ambiental rígida ou de fiscalização quando a mesma existe.

Do ponto de vista industrial, talvez a principal dificuldade que o entulho reciclado enfrente seja a sua elevada heterogeneidade. Por exemplo, a composição mineral do entulho em obras novas pode variar de acordo com a etapa em que esta se encontra. Assim, o entulho pode conter maior teor de material cerâmico durante a execução da alvenaria (se esta for de bloco cerâmico), ou de argamassa na fase de revestimentos. Porém, deve-se observar que, até o momento, não estão quantificados os limites para os quais essa variação deve ser levada em consideração, tanto em termos de variação mineralógica quanto granulométrica, para o seu emprego em argamassas de construção. (MIRANDA, 2000).

Outro problema comum quanto à reciclagem do RCD é a contaminação do entulho com materiais que possam inviabilizar a reciclagem tais como: gesso, tintas, solventes, plásticos, polímeros, e outros. Daí a importância do projeto de Gerenciamento de RCD, proposto pela resolução nº 307/2002 do CONAMA, a ser elaborado pelos médios e grandes geradores de

entulho de obra, devendo contemplar a caracterização dos resíduos, triagem, acondicionamento, transporte e destinação.

Segundo pesquisa feita por LINHARES *et al.* (2007), embora a maioria das construtoras de médio e grande porte pesquisadas afirme conhecer a resolução nº 307 do CONAMA, não são todas que fazem a segregação dos resíduos e apenas um pequeno número faz a reciclagem desses resíduos. A principal dificuldade, apontada pela maioria das construtoras, para a implantação de um programa de gestão de resíduos é a sensibilização da mão de obra quanto à necessidade da segregação dos resíduos.

No Brasil as experiências estão limitadas principalmente em ações das municipalidades que, buscam reduzir os custos e o impacto ambiental negativo da deposição da enorme massa de entulho. Dentre essas municipalidades se destaca Belo Horizonte, por ter desenvolvido desde 1993 um plano pioneiro de gestão diferenciada. Esse plano programou ações específicas para captação, reciclagem, informação ambiental e recuperação de áreas degradadas. (PINTO, 1999). Porém, se trata de uma exceção em relação à gestão de resíduos sólidos no Brasil, pois exige boa gestão e iniciativa do poder público para que dê certo.

Há também ações que ocorrem dentro do próprio canteiro de obras e, segundo Miranda (2000), a principal ênfase comercial na reciclagem de RCD, até agora no Brasil, foi a instalação de máquinas argamasseiras, em canteiros de obras, para triturar os seus próprios resíduos minerais das obras. Esse método de produção de argamassas, apesar de aparentemente poder trazer benefícios econômicos às construtoras, apresenta problemas por falta de planejamento e de conhecimento do assunto por parte dos engenheiros.

Ainda segundo Miranda (2000), o aumento da reciclagem de entulho de construção está diretamente relacionado à instalação de centrais de reciclagem, de iniciativa pública ou privada, com moinhos e trituradoras com capacidade de volume compatível à velocidade de geração de entulho, pelas grandes cidades e com um nível adequado de controle tecnológico, para garantir o desempenho dos materiais ali produzidos.

2.3 REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS PARA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA

Segundo Levy (1997), por mais que tenham evoluído as técnicas e métodos construtivos adotados em algumas regiões do país e por mais difundida que esteja a utilização de revestimentos internos à base de gesso, no Brasil, ainda predominam processos construtivos onde se utilizam revestimentos internos ou externos com argamassas de cimento Portland, cal, areia, saibro e outras adições. Na prática, constata-se e percebe-se facilmente que, neste processo construtivo, sempre haverá a geração de uma parcela de entulho e esta parcela por mais que seja reduzida, dificilmente poderá ser extinta.

Como nos últimos anos a necessidade de encontrar uma utilização para todo este volume de material inorgânico gerado pelas atividades da construção civil tem se tornado uma necessidade premente, resolveu-se estudar de que forma estes materiais interferem no desempenho de novas argamassas produzidas com eles, pesquisar o assunto e contribuir com dados para a solução que vem sendo empregada a cada dia com mais frequência, de reciclar o material no próprio canteiro para produção de argamassas.

As propriedades dos agregados reciclados podem variar bastante, devido a composição do resíduo processado, do equipamento utilizado, da distribuição granulométrica, da absorção de água, entre outros fatores. Estas propriedades são diferentes das dos agregados convencionais, que determinam algumas diferenças nas condições de aplicação e nas características de argamassas em que forem usados (NENO, 2010).

Levy (1995) apresentou no I Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, em 1995, um estudo avaliando as propriedades de desempenho das argamassas produzidas com RCD, utilizadas para revestimento. Seu estudo determinou a contribuição dos vários componentes dos entulhos de obra nas características das argamassas, em estado fresco e endurecido.

Em 1997, Levy continuou seu estudo sobre as argamassas produzidas com RCD, ampliando o estudo com a avaliação de traços produzidos a partir de entulho finamente triturado e quais as suas influências nas propriedades das argamassas, concluindo que, no estado fresco, a presença de materiais cerâmicos aumenta a massa unitária, produzindo argamassas mais compactas. E, quanto maior a quantidade de resíduo de argamassa, na composição do RCD, menor o consumo de cimento das novas argamassas.

O estudo de Levy (1997) indica que as argamassas produzidas com adição de entulho reciclado há uma redução na ordem de 30% no consumo de cimento em relação aos resultados existentes na literatura para argamassas mistas equivalentes.

Pedrozo (2008) desenvolveu um trabalho com o objetivo de avaliar a influência da substituição do agregado miúdo natural por agregado reciclado fino nas propriedades de concretos e argamassas. Foram produzidas argamassas com diferentes teores de substituição do agregado miúdo natural (0%, 25%, 50%, 75%, 100%) pelo agregado miúdo reciclado considerando uma relação a/c constante de 0,66. A influência do agregado reciclado foi avaliada nas propriedades das argamassas no estado fresco (trabalhabilidade e massa específica) e no estado endurecido (resistência à tração na flexão, resistência à compressão e absorção capilar). Os agregados reciclados, provenientes da construção e demolição, foram recolhidos na central de reciclagem de Belo Horizonte e apenas foram utilizadas as parcelas com dimensão menor do que 4,8 mm. Os resultados mostraram a influência da fração fina de RCD nos comportamentos no estado fresco dos concretos e argamassas, reduzindo sua trabalhabilidade, alterando a cinética de hidratação do cimento nos concretos e melhorando no controle da retração plástica. No estado endurecido, não foram evidenciadas alterações importantes na resistência dos concretos e argamassas com o processo de calcinação das partículas finas.

Miranda e Selmo (1999) apresentaram uma análise do desempenho de revestimentos de argamassas com entulho reciclado variando-se a composição do entulho e traços, por procedimentos racionais de dosagem. Diferente das propostas até então que se limitavam a argamassas com entulho, em traços empíricos ditados pela prática ou pelo fabricante do equipamento de moagem envolvido, sem fundamento tecnológico de dosagem (MIRANDA e SELMO, 1999).

A proposta de Miranda e Selmo (1999) é adaptável a fábricas de reciclagem e, a areia e os RCD foram prefixados pelo critério de finos totais plastificantes < 75 µm, estes finos possuem um elevado poder plastificante, devido à elevada superfície específica e natureza, para trabalhabilidade adequada requer maior quantidade de água de amassamento, originando maior retração e fissuração, comprometendo a durabilidade dos revestimentos.

Continuando o estudo, Miranda (2000) apresenta uma proposta da análise para a diminuição de fissuras nos revestimentos de argamassas com inclusão de RCD de alvenarias demolidas,

traços contendo argamassa, blocos cerâmicos e blocos de concreto, obtendo as seguintes conclusões:

- a) Os revestimentos de argamassa com entulho reciclado podem apresentar aderência ao substrato compatível ou até superior ao do revestimento com argamassa mista 1:1:8 , cimento, cal e areia, em massa.
- b) Em relação à absorção capilar, os revestimentos de argamassa com entulho apresentaram absorção superior ao do revestimento com argamassa mista de referência;
- c) A influência do tempo de execução do sarrafeamento e do desempenho no surgimento de fissuras foi secundária. Em argamassas que por sua composição, tipo de substrato e/ou condições atmosféricas desenvolveram tensões internas suficientes para fissurar, com o sarrafeamento ótimo esta tendência de fissuração foi aumentada; em argamassas sem esta predisposição a fissurar, o tempo de sarrafeamento foi irrelevante;
- d) Recomenda-se não ultrapassar o teor de 25% de finos totais, que se mostrou como um valor crítico para iniciar as fissuras por secagem do revestimento de argamassa mista e suficiente para se obter boa trabalhabilidade.

Através da pesquisa realizada por Neno (2010) observa-se que, se a substituição dos agregados convencionais por RCD for realizada em quantidades entre 20 e 30% é favorável ao desempenho; ultrapassado esse limite o desempenho não é tão satisfatório. Esses dados variam também de acordo com o tipo de RCD utilizado, no geral, as argamassas com RCD cerâmico obtiveram melhores desempenhos do que as argamassas com RCD de concreto.

Ainda de acordo com Neno (2010) as argamassas produzidas com RCD necessitam de mais água de amassamento, devido à porosidade e maior capacidade de absorção de água dos RCD, superiores às do agregado convencional. As argamassas com integração de resíduos provenientes da trituração do concreto, assim como as provenientes de materiais cerâmicos, possuem uma maior resistência de aderência à tração do que as argamassas de referência.

As argamassas com reaproveitamento de resíduos podem possuir desempenho compatível com as determinações normalizadas, desde que se tome o devido cuidado no desenvolvimento do traço (determinação e avaliação de desempenho). Dentre os benefícios encontrados destacam-se a contribuição para a preservação ambiental, por se tratar de método construtivo

mais sustentável, reduzindo entulho, gasto de energia na produção de materiais de construção etc., e a diminuição de custos para as empresas, tanto para a remoção de entulho quanto para a aquisição de novos materiais. São necessários, entretanto, estudos mais práticos que viabilizem a utilização dessas técnicas de reaproveitamento de resíduos por uma quantidade maior de empresas.

CAPÍTULO 3

ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado na obra do edifício Ícone Residence da Construtora Rodrigues da Cunha, com o apoio do NUTEA-UFG (Núcleo de Tecnologia da Argamassas e Revestimentos).

O empreendimento localiza-se à Rua 14, quadra C-21, Lotes 09 a 13, Jardim Goiás, Goiânia – GO; trata-se de um edifício residencial composto por 33 pavimentos, sendo dois subsolos, térreo, mezanino, 27 pavimentos tipo, um duplex inferior e um superior, totalizando 112 unidades habitacionais, com área total construída de 23.026,09 m².

A pesquisa em obra visou analisar o desempenho dos revestimentos de parede produzidos com argamassa, utilizando os resíduos da construção (nesse caso especificamente os resíduos de argamassa) comparando-a com os traços já utilizados pela construtora, para verificar a sua viabilidade e eficiência técnica.

Uma vez que o interesse da construtora é diminuir custo, reduzindo a quantidade de entulho gerado pela argamassa, inevitavelmente perdida durante o processo executivo, e economizar insumos na produção de um novo traço, foi realizada também uma análise econômica, quantificando o resíduo gerado na execução do revestimento em argamassa.

3.1 METODOLOGIA

Visando analisar o desempenho dos revestimentos produzidos com o resíduo de argamassa, bem como outras situações, foram preparados painéis de revestimento para teste na obra. Para tanto, foi reservado um muro, conforme Figura 3.1, dividido em seis painéis, expostos às mesmas condições as quais uma fachada é submetida.

As variáveis estudadas foram: chapisco convencional, solução de cal como alternativa ao chapisco, chapisco com utilização de chapix aplicado diretamente na estrutura, revestimento de camada única (popularmente conhecido como reboco paulista ou simplesmente reboco)

convencional, reboco com utilização de aditivo retardador de pega e reboco com utilização de resíduo de argamassa.



Figura 3.1 – Local de execução dos painéis para realização dos ensaios

O revestimento de cada painel foi executado sobre base de blocos cerâmicos e estrutura de concreto, com combinações diferentes de chapisco e reboco, ambos produzidos na obra, com controle volumétrico dos materiais utilizados em cada traço, além de mão de obra especializada na execução, conforme mostra a Figura 3.2. O chapisco foi curado por um período de três dias para a posterior aplicação da argamassa de revestimento de camada única (reboco).



Figura 3.2 – Pedreiro executando o revestimento de argamassa nos painéis

As condições de ensaio foram determinadas por fatores práticos de obra. O construtor estava em busca de uma solução sustentável para o resíduo de argamassa gerado durante a execução do revestimento externo, justificando os traços com resíduo de argamassa. Outro objetivo era produzir argamassa de revestimento no dia anterior ao da aplicação e, assim minimizar a ociosidade da mão de obra devido ao atraso no abastecimento de argamassa aos locais de aplicação, na parte da manhã, para isso foram ensaiados traços utilizando retardador de pega.

A proposta para análise da aplicação do chapix diretamente no substrato baseava-se, principalmente, na melhoria visual do revestimento executado sobre esta preparação, que apresentava, nesta obra, uma melhoria empírica da aderência do chapisco (era mais difícil o arrancamento manual do chapisco aplicado, sem nenhum ensaio complementar, apenas análise táctil realizada na obra), além de uma diminuição no aparecimento de fissuras no revestimento final.

Para garantir que a única variação dos resultados estivesse relacionada ao tipo de chapisco e reboco aplicado, foram fixadas algumas condições relacionadas com a preparação e a aplicação das argamassas, tais como: materiais utilizados, o processo de produção da argamassa, utilização de base semelhante, utilização do mesmo profissional e ferramentas, condições climáticas semelhantes, idade de avaliação e espessura dos revestimentos.

3.1.1 Materiais utilizados

a) Cimento Portland

Utilizou-se nesta pesquisa cimento Portland CP II Z – 32 RS, da marca Tocantins, na produção da argamassa tanto de revestimento quanto de chapisco, este material era o utilizado na obra e não houve alteração.

b) Cal hidratada

A cal hidratada utilizada foi uma cal cálcica do tipo CH-I, da marca Hiper Cal, tanto para o preparo das argamassas de revestimento quanto para a produção da solução de cal, utilizada em substituição ao chapisco. A cal era a mesma utilizada na obra comumente.

c) Bloco cerâmico

Utilizou-se blocos cerâmicos vazados sem características estruturais, com dimensões de 9x19x19 cm, com resistência de 2,0 MPa.

d) Agregado miúdo

Foi utilizada nos ensaios uma areia natural, encontrada na Região Metropolitana de Goiânia, peneirada em uma malha de 4,8 mm.

e) Agregado proveniente do resíduo de argamassa de revestimento

Este agregado foi obtido através do peneiramento do resíduo gerado na aplicação da argamassa de revestimento externo, produzida com o traço convencional da obra, 1:1:7 (cimento, cal, areia) em volume, e 100 ml de aditivo plastificante concentrado para argamassas de assentamento e reboco (Vedalit) por saco de cimento (50 kg).

No peneiramento do resíduo foi utilizada uma malha igual à da areia, 4,8 mm (Figura 3.3). A quantidade de material passante foi de, aproximadamente, 60% do volume total de resíduo.



Figura 3.3 – Peneiramento do resíduo para preparação do traço com reaproveitamento de argamassa.

f) Aditivos

O MSET-R foi o aditivo líquido plastificante retardador do tempo de pega utilizado no estudo (Figura 3.4 a).

O aditivo incorporador de ar utilizado foi o Vedalit fabricado pela Vedacit (Figura 3.4 b), que reduz o atrito entre as partículas da argamassa, diminuindo a quantidade de água necessária para proporcionar trabalhabilidade, além do efeito plastificante, que deixa as argamassas com uma consistência mais plástica.

O Chapix SBR, produzido pela Chortec, usado é uma emulsão de polímero estireno-butadieno, denominado SBR (Figura 3.4 c), um aditivo desenvolvido para proporcionar melhor aderência de argamassa e chapiscos cimentícios.



Figura 3.4 – Aditivos utilizados: (a) Vedalit; (b) MSET-R; (c) ChapixSBR.

3.1.2 Tipos de substrato utilizados

Os painéis de revestimento, para teste de cada traço, foram executados em dois substratos distintos, um para análise em alvenaria, com utilização de um muro executado em blocos cerâmicos e outro na estrutura de concreto do muro, composta de pilares e vigas executados em concreto usinado convencional de 40 MPa (ver Figura 3.5) o mesmo utilizado na estrutura do edifício. O traço do painel 5 apresentou problema de aderência à estrutura, portanto não teve seu desempenho verificado nesse tipo de base. O painel 6 era composto apenas de estrutura, uma vez que o objetivo deste era verificar os benefícios da utilização do aditivo Chapix aplicado diretamente na estrutura.



Figura 3.5 – Base utilizada para aplicação do revestimento

3.1.3 Processo de Preparação da base

Os três tipos de base utilizadas para aplicação do reboco foram: chapisco convencional, aplicação de solução de cal e aplicação de chapix diretamente sobre a estrutura, conforme explicado a seguir:

a) Chapisco convencional

O chapisco convencional utilizado na obra é produzido com traço 1:3 (cimento e areia), em volume, sendo um saco de cimento (50 kg), para três padiolas (cujo volume unitário é de 0,039 m³) de areia que, apesar de não ter sua curva granulométrica determinada era, visualmente, mais grossa que a utilizada na composição de argamassas de revestimento de camada única. A aplicação do chapisco foi contínua através de colher de pedreiro, no método tradicional empregado pela maioria das construtoras goianas.

b) Solução de cal

Visando desenvolver uma técnica econômica e que melhorasse a aderência do revestimento interno Scartezini e Carasek (2001 e 2003) avaliaram o uso de diferentes soluções de preparo da base, como as soluções de cal para uso em alvenarias internas; a proposta era oferecer um preparo de base de baixo custo para construtores que não fazem o preparo com chapisco convencional, em revestimentos internos. Esta técnica mostrou-se adequada, com melhoria da resistência de aderência quando tratado com solução de cal em relação ao substrato sem tratamento e também quando chapiscado. Posteriormente, outros trabalhos, como o de Angelim (2005) e de Mota *et al.* (2009), confirmaram a eficiência da solução de cal.

O ensaio realizado seguiu as mesmas diretrizes do proposto por Mota *et al.* (2009), a solução de cal foi aplicada como pintura, com utilização de brocha, não permitindo que a parede ficasse saturada. A solução foi preparada utilizando-se 100 g de cal hidratada (a mesma cal utilizada no preparo da argamassa) para 18 litros de água. Essa cal, uma vez diluída em água, ficou em repouso por 24 horas, antes do seu emprego e, não se mexeu no material decantado no fundo do recipiente no momento da sua utilização, para que somente a solução, sem cal em suspensão, fosse aplicada sobre o substrato. O substrato (alvenaria) não foi limpo nem umedecido, mantendo-se a condição natural identificada na maioria das obras.

O local deste painel era desprivilegiado, estando abaixo da calha de deposição de entulho, conforme visto na Figura (3.6), sujeito a poeira e outros materiais pulverulentos provenientes da queda do entulho, não se tomou o cuidado de realizar a devida limpeza do substrato com solução de cal antes da aplicação do revestimento de argamassa.

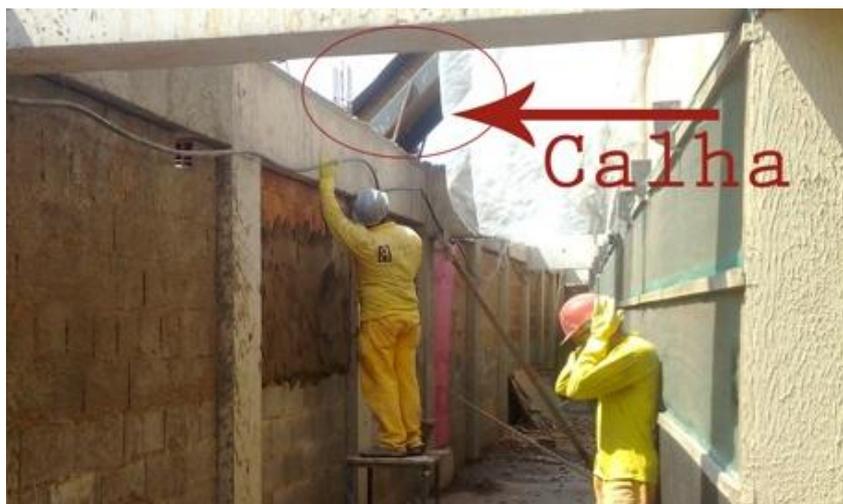


Figura 3.6 – Momento de aplicação de revestimento sobre a solução de cal e localização da calha de entulhos.

c) Aplicação do chapix

O adesivo (Chapix) foi diluído em água (1:4) e após aplicado diretamente na estrutura, com utilização de rolo. Imediatamente após, aplicou-se o chapisco convencional 1:3 (cimento e areia) em volume. Este painel localizava-se ao lado do que foi aplicada a solução de cal, estando sujeito às mesmas condições de poeira oriundas da calha de deposição de entulhos, comprometendo os resultados do ensaio. Este teste foi realizado a pedido da Construtora, que tinha um interesse particular em verificar os efeitos deste tipo de adesivo, aplicado diretamente na estrutura.

3.1.4 Processo de Produção da Argamassa

A preparação da argamassa ocorreu na obra, seguindo procedimentos pré-estabelecidos em toda a produção, preservando as peculiaridades ocorridas nas obras. Os materiais utilizados na produção dos diferentes traços pertenciam, cada qual, a um único fabricante, e foram medidos em volume, por meio de padiolas utilizadas normalmente na obra.

a) Produção da argamassa convencional

O revestimento com reboco convencional utiliza argamassa mista, de cimento, cal e areia, com traço 1:1:7, em volume, sendo 1 saco de cimento (50 kg), 1 saco de cal hidratada CH-I (15 kg) e 7 padiolas (volume unitário de 0,039 m³) de areia fina, além da utilização de aditivo incorporador de ar Vedalit, adicionando-se 100 ml para cada traço produzido, lançado

diretamente na betoneira. Este procedimento não é o indicado pelo fabricante, mas o praticado na obra. Para que o procedimento seja realizado de maneira correta, deve-se diluir o incorporador de ar em cerca de metade da água de amassamento, misturar à argamassa e ajustar a trabalhabilidade com a outra parte da água.

A quantidade de água não foi pré-determinada, utilizando-se os conhecimentos empíricos do operador da betoneira, utilizada na produção de argamassa, buscando obter uma trabalhabilidade adequada para facilitar sua aplicação no revestimento. Esse método é o padrão utilizado na obra e a argamassa pronta pode ser observada na Figura 3.7.

A aplicação do revestimento seguiu o padrão de aplicação de reboco em muros, com espessura média de 25 mm. Para a execução do corte e do desempenho tomou-se o cuidado de esperar o tempo ótimo de sarrafeamento, após a aplicação da argamassa de revestimento.



Figura 3.7 – Argamassa convencional pronta.

b) Produção da argamassa com utilização de resíduo de argamassa

O traço com o reaproveitamento de resíduos foi determinado no laboratório da empresa Carlos Campos Consultoria e Construções Limitada, com supervisão do NUTEA. A dosagem da argamassa com resíduo foi baseada no método estudado por Selmo (1989), que utiliza o critério do parâmetro “E”, calculado pela relação em massa “(agregado + cal)/cimento” que determina a relação água/cimento das argamassas. Este procedimento determina a quantidade necessária de material plastificante para se obter uma argamassa plástica e com intervalo de trabalhabilidade adequado, para uma quantidade de areia e cimento previamente pesadas e

estabelecidas. O traço determinado foi de 1:0,5:6:2, em volume, ou seja, um saco de cimento (50 kg), meio saco de cal (7,5 kg), seis padiolas de resíduo peneirado, duas padiolas de areia, visualmente mais fina que a utilizada na produção do chapisco (o volume de uma padiola é de 0,039 m³).

A coleta do resíduo ocorria semanalmente, aos sábados, e o mesmo era armazenado no mezanino da obra, em local aberto até o seu peneiramento (que ocorria imediatamente antes da mistura), tendo idades de utilização variadas.

No preparo desta argamassa utilizou-se o mesmo procedimento para o da argamassa convencional, havendo apenas a diminuição da cal e a substituição de parte da areia fina por resíduo de argamassa. O processo de produção desta argamassa pode ser observado nas Figuras 3.8 e 3.9.



Figura 3.8 – Coleta do resíduo.



Figura 3.9 – (a) Peneiramento do resíduo; (b) Medida do resíduo para aplicação no traço; (c) Lançamento dos materiais na betoneira; (d) Lançamento do cimento na betoneira; (e) Lançamento da cal na betoneira; (f) Argamassa em fase final de mistura.

A aplicação do revestimento seguiu o padrão de aplicação de reboco em muros, com espessura média de 25 mm, conforme Figura 3.10. Para a execução do corte e do desempeno tomou-se o cuidado de esperar o ponto de sarrafeamento (teste empírico indicado pelo momento no qual os dedos não penetram na camada, permanecem praticamente limpos, porém deformam levemente a superfície), após a aplicação da argamassa de revestimento.



Figura 3.10 – Verificação da espessura do revestimento.

c) Produção da argamassa com utilização de aditivo retardador de pega

A principal função do aditivo retardador de pega é aumentar o tempo de trabalhabilidade da argamassa, ou seja, o tempo em que a mesma pode ser aplicada no substrato após o seu preparo. Para se avaliar os efeitos desse tipo de aditivo no desempenho do revestimento de argamassa foram adicionados 500 ml do aditivo MSET-R tanto no traço convencional quanto no traço com resíduo, cada qual aplicado em um substrato preparado previamente com chapisco comum. O processo de produção da argamassa ocorreu cerca de 14 horas antes de sua aplicação. A execução do revestimento ocorreu de forma idêntica a dos traços-base, com espessura de 25 mm e respeito ao ponto de sarrafeamento para o corte e o desempenho.

3.1.5 Utilização do mesmo profissional e ferramentas

Foram designados dois profissionais, um pedreiro e seu auxiliar, para aplicação de todos os traços nos painéis, garantindo que a aplicação fosse realizada o mais uniforme possível, impedindo que a mão de obra se tornasse uma variável dentro da pesquisa.

As ferramentas (desempenadeira de madeira, régua metálica, colher de pedreiro metálica) foram inspecionadas e aprovadas de acordo às exigências de utilização.

3.1.6 Condições climáticas semelhantes

O muro periférico, escolhido para receber os painéis, estava sujeito às diversas intempéries, aproximando-se das condições reais dos revestimentos externos. Não foi possível, entretanto, manter as mesmas condições durante toda a realização dos ensaios, uma vez que antes da aplicação do reboco com o traço de argamassa reaproveitável, painéis 3 e 4, ocorreu um acidente com o funcionário da empresa Carlos Campos Consultoria e Construções Limitada (laboratório que realizou o ensaio de resistência de aderência), o fato comprovou a necessidade de cobertura do local onde estava localizado o muro, alterando a exposição dos painéis. Esta modificação influenciou principalmente os resultados dos painéis 3 e 4, que não foram expostos às mesmas condições de intempérie dos painéis anteriores.

3.1.7 Idade de avaliação

A realização do ensaio ocorreu, para todos os painéis, aos 60 dias, prazo suficiente para que o revestimento adquirisse suas principais características físicas e mecânicas.

3.1.8 Espessura dos revestimentos

A espessura média dos revestimentos aplicados nos painéis era de 2,5 cm.

3.1.9 Divisão dos painéis

De acordo com todos os parâmetros a serem avaliados, a divisão dos painéis foi realizada conforme mostra a Tabela 3.1:

Tabela 3.1 – Indicação dos traços de cada painel.

Painel	Chapisco		Reboco	
	Traço	Data de Aplicação	Traço	Data de Aplicação
1	Chapisco Comum	05/10/10	1 saco de cimento + 15 kg de Cal + 7 Padiolas de areia + 100 ml de Vedalit	08/10/10
2	Chapisco Comum	05/10/10	1 saco de cimento + 15 kg de Cal + 7 Padiolas de areia + 100 ml de Vedalit + 500 ml de MSET-R	08/10/10
3	Chapisco Comum	05/10/10	1 saco de cimento + 7,5 kg de Cal + 2 Padiolas de areia + 6 padiolas de resíduo + 500 ml de MSET-R	29/11/10
4	Chapisco Comum	05/10/10	1 saco de cimento + 7,5 kg de Cal + 2 Padiolas de areia + 6 padiolas de resíduos	29/11/10
5	18 Litros de água para 100 ml de Cal	05/10/10	1 saco de cimento + 15 kg de Cal + 7 Padiolas de areia + 100 ml de Vedalit	08/10/10
6	Chapix aplicado diretamente na estrutura e Chapisco Comum	05/10/10	1 saco de cimento + 15 kg de Cal + 7 Padiolas de areia + 100 ml de Vedalit	08/10/10

Obs.: Chapico Comum: Traço 1:3 (1 Saco de cimento para 3 padiolas de areia grossa - volume de 1 padiola=0,039 m³)

3.2 MÉTODOS

Para avaliação do desempenho dos revestimentos dos painéis foram realizados os seguinte ensaios: determinação da resistência de aderência e análise táctil-visual (determinação da dureza ao risco, determinação da textura superficial, determinação do grau de fissuração, determinação da cor), conforme descrito a seguir.

3.2.1 Determinação da resistência de aderência à tração dos revestimentos

O ensaio de arrancamento foi realizado pela empresa Carlos Campos Consultoria e Construções Limitada, de acordo com o que determina a NBR 13528 (2010), somente a quantidade de corpos de prova seguiu a antiga norma de 1995, que recomenda o arrancamento de seis amostras, e não doze como estipula a norma atual. Os procedimentos estão ilustrados e resumidos a seguir:

Foram escolhidos aleatoriamente seis pontos de ensaio na argamassa de revestimento dentro dos limites da área (o número de pontos foi determinado pela NBR 13528 de 1995, todos os outros procedimentos seguiram as determinações da última revisão da norma em 2010). Escolhidos os pontos, procede-se ao corte com serra copo (Figura 3.11), diâmetro de 50 mm. O corte prossegue até 5 mm para dentro do substrato.



Figura 3.11 – Corte dos corpos de prova com serra copo

Após a realização do corte e limpeza, cola-se a respectiva pastilha metálica com dispositivo de fixação para a máquina de tração (Figura 3.12).



Figura 3.12 – Colagem das pastilhas metálicas.

Na última etapa o aparelho de tração é acoplado às pastilhas metálicas e é feita a aplicação da carga que acontece de forma lenta e progressiva, para garantir esforço contínuo de tração simples (Figura 3.13). A resistência de aderência à tração é obtida a partir da máxima leitura de carga na área da região cortada.



Figura 3.13 – Aplicação da carga através do aparelho de tração acoplado à pastilha metálica

3.2.2 Avaliação Tátil-Visual dos Revestimentos

A avaliação tátil-visual englobou a determinação da dureza ao risco, da fissuração, coloração e textura superficial, por meio de procedimentos não normalizados, utilizando-se a mesma metodologia empregada por Angelim (2000) em seus estudos. Os ensaios de dureza e

fissuração foram realizados por três operadores distintos, que analisaram e estabeleceram notas, individualmente, sem contato com os resultados obtidos pelos outros, evitando assim que os mesmos fossem influenciados, por tratar-se de ensaio de caráter empírico.

a) Determinação da Dureza ao Risco

Este ensaio foi realizado utilizando-se um objeto pontiagudo com dureza superior à da argamassa, para quantificar a facilidade com a qual o painel é riscado, estabelecendo-se notas que variavam gradativamente de um a cinco, onde a nota um representa maior desgaste e cinco o menor desgaste e, conseqüentemente maior dureza ao risco.

b) Determinação da Textura Superficial

Este ensaio consiste na avaliação tátil-visual da superfície de cada painel, realizada por um pintor experiente, analisando a facilidade de aderência dos mais diversos tipos de acabamento, além do aspecto final mais agradável.

O critério de avaliação foi a determinação de notas para cada painel, variando gradativamente de um a cinco, onde a nota um representa o painel que necessitaria de maior gasto com emassamento e corretivos em sua superfície, antes da aplicação de revestimento final, e cinco o painel com melhor aspecto para aplicação do acabamento.

c) Determinação do Grau de Fissuração

Para determinação do Grau de Fissuração foi realizada a análise visual das fissuras apresentadas em cada painel na idade de 60 dias, foram atribuídas notas de um a cinco, reduzindo gradativamente de acordo com a quantidade de fissuras observadas em cada painel. A nota um representa grande número de fissuras, o pior painel, e a nota cinco nenhuma fissura ou mínimas e desconsideráveis.

d) Avaliação da Cor

A determinação da cor é para caracterização de cada painel havendo variação dos tons de cinza de acordo com o traço utilizado para a confecção do reboco aplicado.

3.2.3 Quantificação do resíduo gerado durante a produção dos revestimentos de fachada

Uma etapa adicional visou quantificar o resíduo gerado na execução de revestimentos de fachada. Para medir a quantidade de resíduo gerado durante a execução do reboco foram escolhidas quatro fachadas e, abaixo de cada uma, colocado uma lona plástica impermeável, para que, enquanto o pedreiro realizasse a aplicação da argamassa todo o excesso de massa que caísse fosse coletado (Figura 3.14), este material foi posteriormente quantificado em volume. Para obter-se um padrão de comparação foi medida a área e a espessura dos rebocos aplicados, determinando-se também o seu volume. Desta forma, obteve-se como resultado o volume de resíduo de argamassa gerado (em m³) por volume de reboco executado (também em m³).



Figura 3.14 – Coleta do resíduo gerado na execução de reboco externo de argamassa

CAPÍTULO 4

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

Os resultados médios obtidos em cada painel são apresentados na tabela 4.1 abaixo, os resultados individuais e completos podem ser conferidos no Apêndice A deste trabalho.

Tabela 4.1 – Apresentação dos resultados de resistência à tração.

Painel	Condições Ensaaiadas:	Resistência média de Aderência à tração - Ra (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coefficiente de Variação (%)	Ruptura Predominante
1 - Alvenaria	Chapisco Comum, Reboco Comum, Alvenaria	0,25	0,06	24	Interface argamassa chapisco
1 - Estrutura	Chapisco Comum, Reboco Comum, Estrutura	0,21	0,09	43	Interface argamassa chapisco
2 - Alvenaria	Chapisco Comum, Reboco com Retardador de Pega, Alvenaria	0,06	0,03	50	Interface argamassa chapisco
2 - Estrutura	Chapisco Comum, Reboco com Retardador de Pega, Estrutura	0,13	0,10	77	Argamassa / Interface argamassa chapisco
3 - Alvenaria	Chapisco Comum, Reboco com Resíduo e Retardador, Alvenaria	0,11	0,05	45	Interface argamassa chapisco
3 - Estrutura	Chapisco Comum, Reboco com Resíduo e Retardador, Estrutura	0,08	0,05	63	Argamassa
4 - Alvenaria	Chapisco Comum, Reboco com Resíduo, Alvenaria	0,25	0,15	60	Interface argamassa chapisco
4 - Estrutura	Chapisco Comum, Reboco com Resíduo, Estrutura	0,21	0,06	29	Interface argamassa chapisco
5 - Alvenaria	Chapisco com solução de Cal, Reboco Comum, Alvenaria	0,10	0,08	80	Interface argamassa substrato
6 - Estrutura	Chapix, Chapisco Comum, Reboco Comum, Estrutura	0,10	0,09	90	Interface argamassa chapisco / Argamassa

As formas de ruptura que ocorreram nos ensaios foram: na interface argamassa chapisco, na argamassa e no substrato conforme Figura 4.1.



Figura 4.1 – (a) Ruptura no substrato; (b) Ruptura na argamassa; (c) Ruptura na interface argamassa chapisco.

As exigências da NBR 13749 (ABNT, 1996) para resistência de aderência a tração (R_a) de emboço e camada única são apresentadas na Tabela 4.2. Analisando os resultados, à luz dessa especificação, observa-se que os resultados de todos os revestimentos testados não foram satisfatórios o suficiente para serem utilizados como revestimento externo. Tal resultado não pode ser tomado como verdade absoluta, uma vez que houve a influência de alguns fatores externos durante a realização do ensaio, os quais sejam:

- Localização dos painéis – abaixo da calha de entulho, que justifica a predominância dos rompimentos na interface chapisco/reboco, em função da poeira depositada na superfície, além da vibração ocasionada pela queda do entulho, uma vez que a estrutura da calha estava livre e simplesmente apoiada no muro dos painéis;
- Ergonomia durante a execução – foi ensaiada predominantemente a parte superior dos painéis, onde a dificuldade de execução é maior e, conseqüentemente há uma menor resistência média.

Tabela 4.2 – Limites mínimos de resistência de aderência à tração (R_a) para emboço e camada única NBR 13749 (ABNT, 1995)

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

Na prática, se analisarmos comparativamente os traços ensaiados (Figuras 4.2 e 4.3), mantendo-se o chapisco convencional e alterando-se o reboco utilizado, observa-se que:

- As resistências observadas nas estruturas são menores que as da alvenaria, devido a menor rugosidade superficial da estrutura de concreto armado, embora a média de ruptura tenha ocorrido na interface argamassa/chapisco;
- A grande variabilidade observada nos resultados pode ser justificada pelo local de extração dos corpos de prova, sendo que na estrutura há uma maior variação devido à dificuldade ergonômica de execução (diferentes dificuldades para execução de revestimento em pilares e vigas), refletindo no desvio padrão;
- A argamassa produzida utilizando resíduo teve resultados equivalentes à argamassa convencional utilizada na obra, mostrando que, o seu emprego é viável. Por outro lado, estes resultados podem indicar que, na prática, o valor normalizado é bastante rígido e não é seguido nas obras em geral;
- A utilização do retardador de pega diminuiu significativamente os resultados de resistência à tração, tanto no reboco com adição de resíduo quanto no convencional, o que pode ser justificado pela adição de água pelo pedreiro (que não comunicou o fato em tempo hábil) para conseguir melhor trabalhabilidade no instante do uso (14 horas após o preparo);

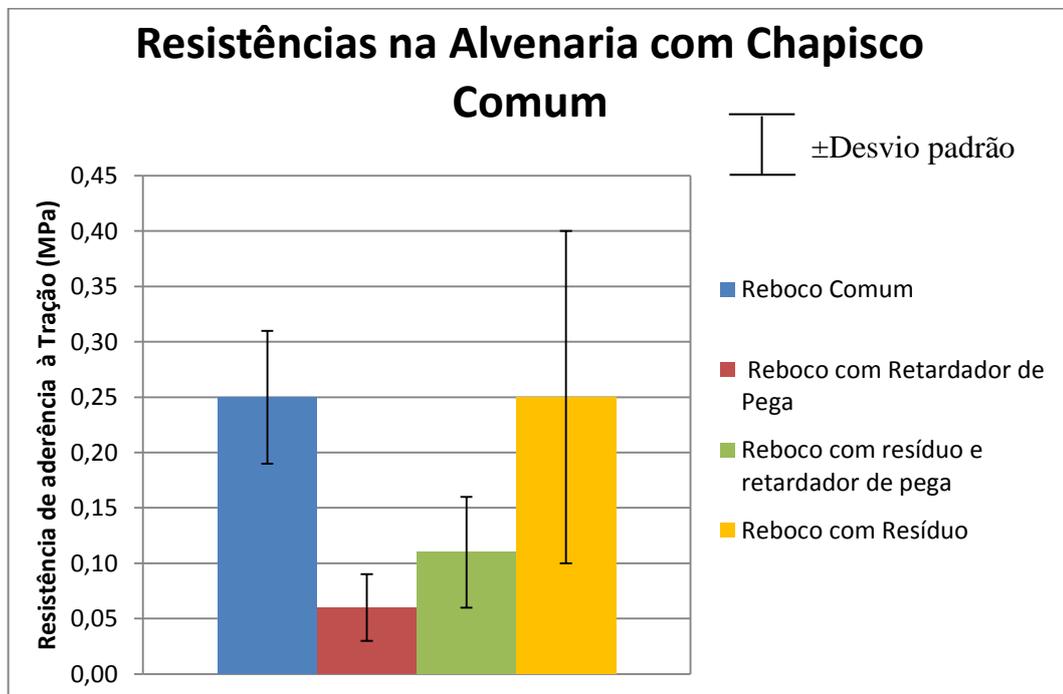


Figura 4.2 – Médias dos resultados obtidos mantendo-se constante a base (alvenaria) e o preparo com chapisco convencional.

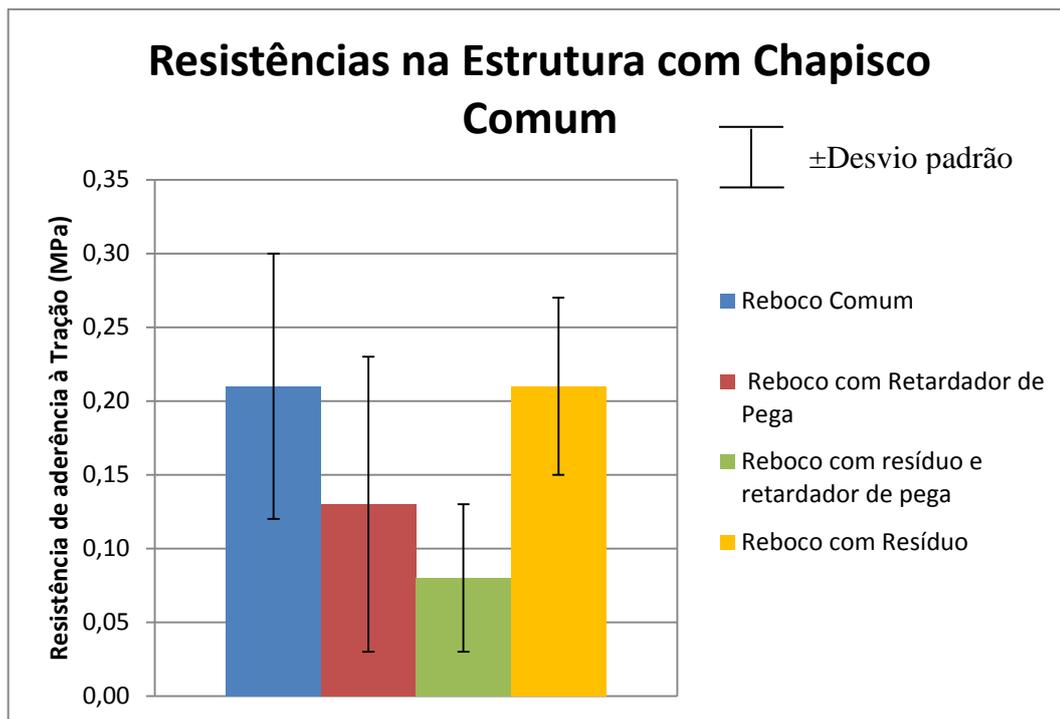


Figura 4.3 – Médias dos resultados obtidos mantendo-se constante a base (estrutura) e o preparo com chapisco.

Na análise da utilização do preparo com solução de cal (Figura 4.5), tem-se que:

- O preparo com solução de cal resultou bem inferior ao preparo com chapisco convencional, contrariando os resultados anteriormente obtidos por Scartezini e Carasek (2001 e 2003); Angelim (2005) e Mota *et al.* (2009);
- Uma explicação para este resultado baixo pode ser que o painel de teste encontrava-se abaixo da calha de entulho, estando sujeito à poeira e materiais finos, não garantindo uma aderência satisfatória. Neste caso, esse efeito negativo da poeira pode ter mascarado o efeito da solução de cal;
- A solução com cal não promoveu aderência suficiente entre o reboco e a estrutura, conforme mostra a Figura 4.4, restringido este ensaio à alvenaria.

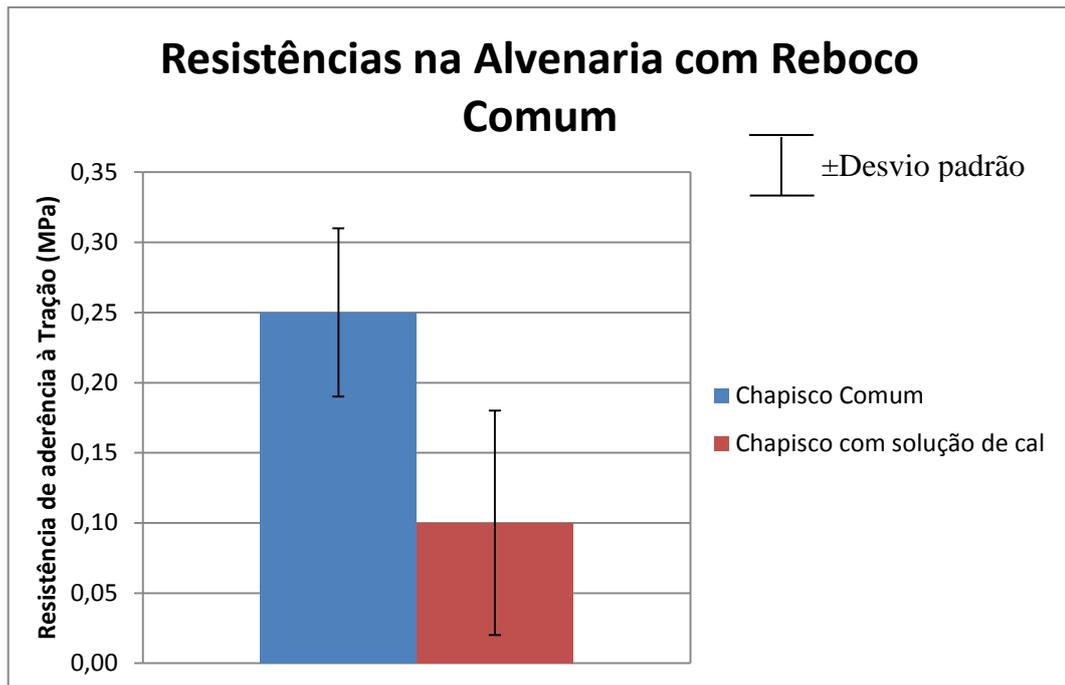


Figura 4.4– Médias dos resultados obtidos mantendo-se constante a base (alvenaria) e o reboco.



Figura 4.5– Revestimento com aplicação de solução de cal em substituição do chapisco.

Nos resultados da avaliação da aplicação do chapix (Figura 4.6), conclui-se que, devido à localização do painel, abaixo da calha de entulho, pode ter havido influência de finos no substrato preparado antes da execução do reboco, diminuindo sua aderência e, conseqüentemente, a resistência de aderência à tração, como aconteceu com o painel testado

com solução de cal. Outra hipótese é a formação de um filme polimérico devido a aplicação do chapix puro sobre o substrato, que interfere na aderência do chapisco com o substrato.

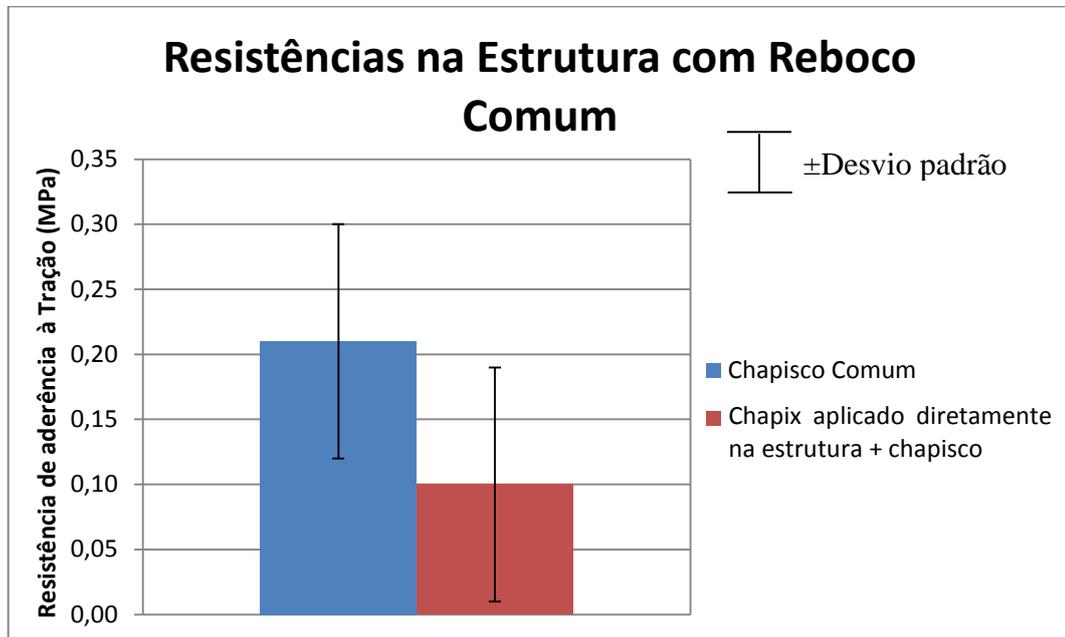


Figura 4.6 – Médias dos resultados obtidos mantendo-se constante a base (estrutura) e o reboco.

4.2 AVALIAÇÕES TÁCTEIS-VISUAIS

Os resultados apresentados na Tabela 4.3 referem-se à média dos resultados de cada operador, sendo que a avaliação completa, para dureza ao risco e grau de fissuração, pode ser vista no Apêndice B.

Tabela 4.3 – Média dos resultados dos ensaios tácteis-visuais.

ENSAIOS TÁCTEIS VISUAIS				
ENSAIO:	DUREZA AO RISCO	TEXTURA SUPERFICIAL	GRAU DE FISSURAÇÃO	COR
PAINEL 01 - ALVENARIA	4,2	5,0	4,5	CINZA ESCURO
PAINEL 01 - ESTRUTURA	4,0	5,0	3,0	CINZA ESCURO
PAINEL 02 - ALVENARIA	3,5	3,0	3,0	CINZA MÉDIO
PAINEL 02 - ESTRUTURA	3,3	3,0	4,0	CINZA MÉDIO
PAINEL 03 - ALVENARIA	3,3	3,0	1,2	CINZA CLARO
PAINEL 03 - ESTRUTURA	2,8	3,0	1,0	CINZA CLARO
PAINEL 04 - ALVENARIA	4,2	2,0	4,0	CINZA CLARO
PAINEL 04 - ESTRUTURA	4,0	2,0	3,8	CINZA CLARO
PAINEL 05 - ALVENARIA	4,8	5,0	5,0	CINZA ESCURO
PAINEL 06 - ESTRUTURA	3,3	4,0	5,0	CINZA ESCURO

4.2.1 Dureza ao risco

A dureza ao risco é influenciada pela técnica de execução do revestimento, podendo haver uma maior compactação, gerando uma estrutura mais densa e de maior dureza superficial, sendo favorecida por um acabamento final mais cuidadoso. Observa-se que o reboco convencional possui, na alvenaria, os melhores resultados de dureza ao risco.

Outro fator que influencia a dureza superficial é a argamassa empregada. Os painéis com aditivo retardador de pega apresentam-se mais frágeis que os sem esse tipo de aditivo, possivelmente pela maior dificuldade de aplicação, relatada pelo pedreiro durante a execução do revestimento, que levou a um acréscimo de pulverização de água no momento do desempenho, diminuindo a resistência superficial. Outra razão para os resultados mais baixos, como observado no teste de arranchamento, pode ser uma incompatibilidade química entre o aditivo retardador e os demais materiais constituintes da argamassa.

4.2.2 Textura superficial

No reboco convencional a textura superficial foi satisfatória, independentemente do chapisco utilizado, entretanto, quando há a adição de retardador de pega MSET-R ou de resíduo de argamassa há uma diminuição da qualidade do acabamento final do revestimento, resultando numa superfície mais grossa, conforme ilustra a Figura 4.7.

Esta propriedade é relevante na aceitação da argamassa com resíduos por parte das construtoras, pois esta influencia diretamente nos serviços subsequentes, por exemplo, na execução de pintura lisa como acabamento final, para obter uma superfície de qualidade, seria necessário uma quantidade maior de massa corrida para a regularização, lembrando que o acabamento possui um preço superior ao da argamassa.

No caso específico do resíduo, caso se utilizasse um moinho ou peneira com malha mais fina, selecionando um agregado menor, haveria uma significativa melhora deste critério de desempenho.

Por ser mais áspera, a argamassa com utilização de resíduo possui menor trabalhabilidade e acaba gerando dificuldades na etapa final do acabamento (desempeno). Afetando a produtividade do operador, diminuindo a produção diária de reboco.

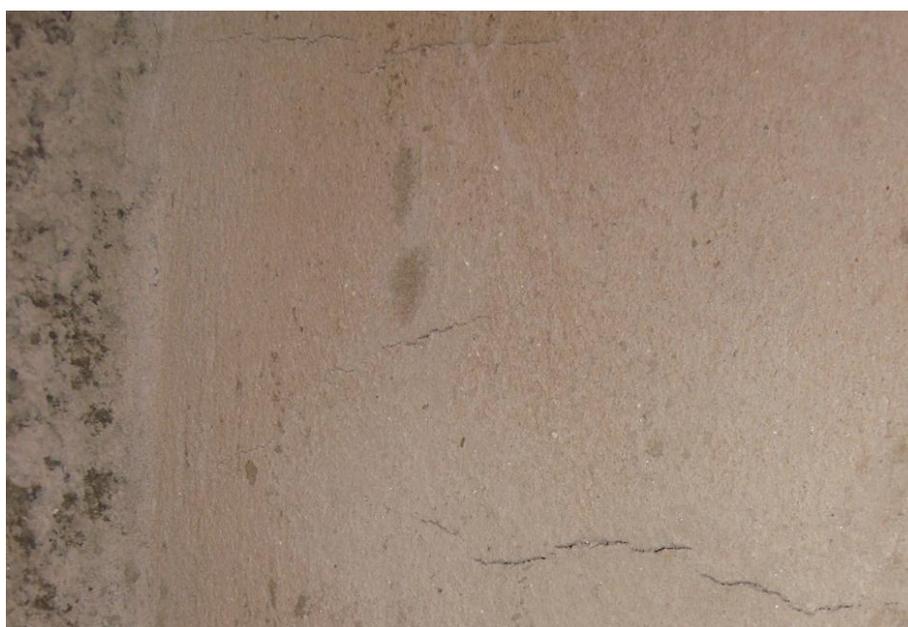


Figura 4.7 – Textura do painel com traço utilizando retardador de pega MSET-R.



Figura 4.8 – Textura do painel com traço utilizando resíduo de argamassa.



Figura 4.9 – Textura do painel com traço utilizando resíduo de argamassa e retardador de pega MSET-R.

4.2.3 Grau de Fissuração

As fissuras são mais intensas e mapeadas nos painéis com aditivo retardador de pega, tanto com o resíduo quanto sem, conforme mostram as Figuras 4.9 e 4.10. O retardador pode ter influenciado atrasando a ancoragem da argamassa ao substrato, que deve ter ocorrido após o

sarrafeamento e desempenho da argamassa, gerando também fissuras horizontais, de assentamento plástico, devido ao peso próprio da argamassa.



Figura 4.10 – Fissuras no painel com retardador de pega MSET-R.

O painel com resíduo apresenta uma pequena quantidade de fissuras nos cantos, praticamente insignificantes, entretanto difere-se do painel com argamassa convencional, que não possui fissuras visíveis.

4.2.4 Cor

A coloração variou devido à composição da argamassa. Quando há a adição de aditivo retardador de pega há um leve clareamento no revestimento final. Já na substituição de parte da areia por resíduo de argamassa há uma significativa mudança de cor, tornando o revestimento muito mais claro, essas mudanças podem ser percebidas na Figura 4.11.

O revestimento mais claro proporciona um melhor ambiente de trabalho, aumentando a produtividade, análises empíricas demonstram que:

Internamente – melhora o aspecto do local de trabalho, aumentando a produtividade;

Externamente – entre o término do revestimento e a pintura há menor absorção de calor devido a exposição do edifício à luz solar, em revestimentos mais claros.

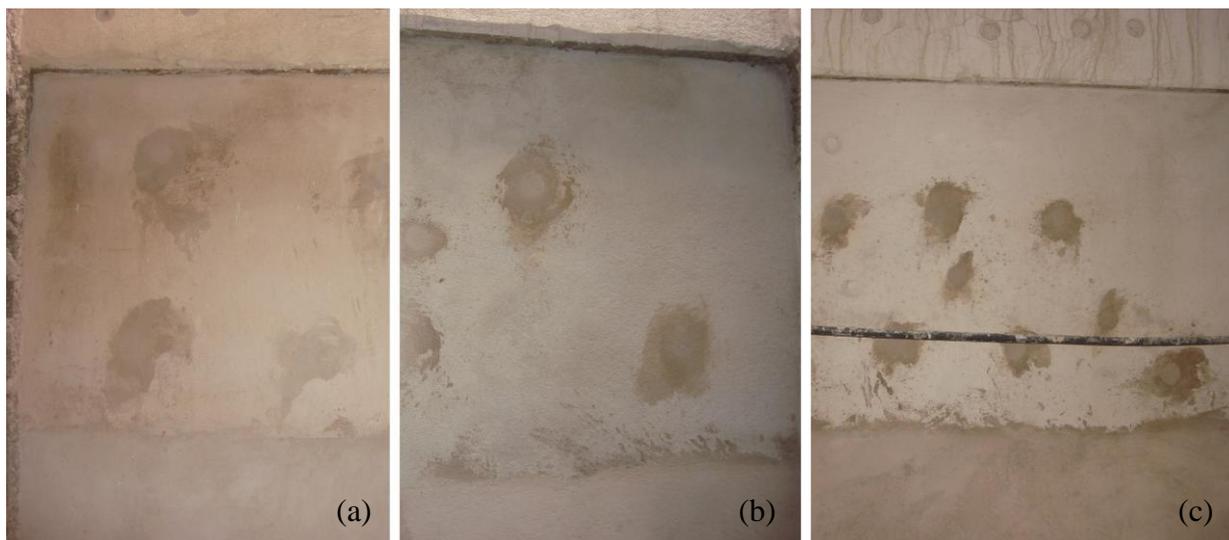


Figura 4.11 – Coloração dos painéis: (a) Painel com aditivo retardador de pega; (b) Painel com resíduo de argamassa; (c) Painel com aditivo retardador de pega e resíduo de argamassa.

4.3 COLETA DE RESÍDUOS DE ARGAMASSA E ANÁLISE ECONÔMICA

A coleta de resíduos de argamassa das fachadas, na obra do edifício Ícone Residence apresentou os resultados compilados na Tabela 4.4, de acordo com as observações realizadas, o percentual de argamassa que passa pela peneira utilizada na obra e, que pode ser aproveitado como agregado na composição de um novo traço, está em torno de 60% do volume total de resíduos gerados.

Tabela 4.4 – Resultados das coletas de revestimento.

Fachada	Volume De Reboco Aplicado (m ³)	Resíduo De Reboco (m ³)	Volume Total De Argamassa Produzido (m ³)	Percentual De Perdas (%)
01	0,49	0,11	0,60	18%
02	0,97	0,20	1,17	17%
03	1,46	0,33	1,79	19%
04	0,64	0,12	0,76	16%
TOTAIS	3,56	0,76	4,32	18%

Conforme observamos na Tabela 4.4, para cada metro cúbico de argamassa produzida, há 0,18 m³ de resíduo, dos quais 0,11 m³ podem ser reaproveitados.

O percentual de aproveitamento pode ser alterado de acordo com as condições de beneficiamento do resíduo, os 60% encontrados refletem o caso específico da realização apenas do peneiramento da argamassa, se forem utilizados moinhos ou trituradores de entulho esse percentual pode ser superior.

Os custos para a produção dos traços são apresentados nas Tabelas 4.5 e 4.6 a seguir, utilizando os preços-base dos fornecedores da Construtora Rodrigues da Cunha, de janeiro a maio de 2011.

Tabela 4.5 – Custo para a produção de traços – argamassa convencional.

ARGAMASSA CONVENCIONAL

Material	Custo Unitário	Consumo	Custo total
Areia (m ³)	45,00	0,27	12,29
Cimento (sc 50 Kg):	16,25	1,00	16,25
Cal (sc 15 Kg):	5,25	1,00	5,25
Custo Total (R\$):			33,79

Tabela 4.6 – Custo para a produção de traços – argamassa com resíduo.

ARGAMASSA COM RESÍDUO

Material	Custo Unitário	Consumo	Custo total
Areia (m ³)	45,00	0,08	3,51
Cimento (sc 50 Kg):	16,25	1,00	16,25
Cal (sc 15 Kg):	5,25	0,50	2,63
Custo Total (R\$):			22,39

Conforme se observa nas Tabelas 4.5 e 4.6, somente a diminuição da quantidade de areia e de cal gera uma economia de 34% para cada traço rodado em obra, apenas com a utilização de resíduo de argamassa como agregado.

Foi avaliada a economia com retirada e deposição do entulho, gerado apenas com a argamassa residual de revestimento externo. Com base na média do volume de material perdido, inevitavelmente, durante a execução do revestimento (18%, conforme apresentado na Tabela 4.3), para a área total de fachada do edifício, aproximadamente 10.511 m², são utilizados 526 m³, em média, de argamassa, gerando em torno de 92 m³, o que equivale a aproximadamente 175 toneladas de resíduo de argamassa. O reaproveitamento deste resíduo, referente ao custo da caçamba de 5 m³, gera uma economia total para esta obra de R\$ 1.324,00 (mil trezentos e vinte e quatro reais), conforme apresentado na Tabela 4.7, a seguir.

Tabela 4.7 – Economia com caçambas de entulho

ECONOMIA COM CAÇAMBAS DE ENTULHO		
Área total de fachada - m ²		10.511,00
Volume total da fachada - m ³		525,55
Volume de resíduo (18%) - m ³		91,97
Custo da caçamba (5 m ³)	R\$	120,00
Custo total com caçamba	R\$	2.207,31
<hr/>		
Volume de resíduo aproveitável (60%) - m ³		55,18
Volume de resíduo perdido (40%) - m ³		36,79
Custo da caçamba com resíduo perdido	R\$	882,92
<hr/>		
Custo economizado com caçamba de Entulho	R\$	1.324,39

Os custos com a implantação do sistema de reaproveitamento de resíduo, com a utilização do método de peneiramento, fixam-se apenas nos ensaios realizados para a determinação do traço ideal para os materiais e traços utilizados em cada obra. Os custos de mão de obra não são acrescidos em nada na substituição do traço convencional para revestimentos internos, uma vez que a coleta e limpeza das bandejas e o peneiramento do agregado da argamassa são atividades habituais nas obras, a única diferença em relação aos serviços comumente realizados seria a não colocação dos resíduos na caçamba e sim em local definido para o seu armazenamento.

Com o valor total do volume de resíduos (91,97 m³) podem ser produzidos 393 traços de argamassa, o que corresponde a uma economia de aproximadamente R\$ 4.480,00 (quatro mil quatrocentos e oitenta reais), conforme se observa na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 – Economia com caçambas de entulho

ECONOMIA NOS TRAÇOS DE ARGAMASSA		
Volume de RCD em um traço		0,23
Total de traços possíveis		393,00
Economia por traço	R\$	11,40
Economia total	R\$	4.480,20

Em resumo, há economia de 34% na aquisição de areia para a produção dos traços e de 60% no consumo total de caçambas com resíduo de argamassa, observando-se ainda que, com a utilização de métodos mais sofisticados, como implantação de moinhos e trituradoras, o reaproveitamento é maior, assim como a economia que, dependendo do porte da construtora, pode superar o custo com a aquisição dos equipamentos.

A utilização de resíduos não apresenta perdas para as construtoras que ousarem investir e iniciar o processo de reaproveitamento, pelo contrário, até a consciência ambiental e a “produção verde” são utilizadas no marketing da empresa, tornando-se um diferencial no mercado, onde é possível observar que, atualmente, há uma maior preocupação do consumidor, de qualquer produto ou serviço, em privilegiar empresas com políticas ambientalmente corretas.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

O novo traço de argamassa obteve resultados positivos em relação ao ensaio de aderência à tração, aprovando a utilização de resíduos de argamassa na produção de novas argamassas para revestimentos. O revestimento testado com a argamassa contendo resíduo obteve resultados semelhantes aos do revestimento com argamassa convencional. Cabe salientar-se que ambas estão abaixo de 0,3 MPa, valor recomendado por norma para revestimento cerâmico e externo, o que não significa, necessariamente, que ocorrerão manifestações patológicas, uma vez que o traço convencional é normalmente utilizado nas obras e a experiência construtiva demonstra que atendem às exigências de qualidade e de durabilidade.

O acabamento final da superfície foi um ponto negativo apresentado pela argamassa com reaproveitamento de resíduo, apresentando-se mais grosso que o traço convencional, dificultando o acabamento final, que necessitará de maior quantidade de massa corrida para sua correção, no caso de acabamentos mais sensíveis, por exemplo, uma pintura lisa. Nesse caso, além de um maior gasto no emassamento há uma perda de produtividade na execução do acabamento.

Outro fator importante é a redução do custo para a execução das argamassas em obra, baseada principalmente na aquisição de agregados (diminuição do consumo de areia) e na redução do consumo de caçambas para deposição e remoção dos entulhos gerados. Além do benefício da utilização dessas mudanças no marketing da empresa.

A implantação do sistema de reaproveitamento de argamassa mostrou-se viável tecnicamente nas obras atuais, além do retorno financeiro e ambiental, que também se tornam atrativos para que as empresas invistam nesta inovação.

Para que haja uma maior aceitação das empresas é necessária uma participação governamental, como é observado na Europa, onde a deposição de entulhos custa caro para as empresas (impostos por produção de entulho, falta de espaço físico nos países, fiscalização e multas pesadas para a deposição em locais inadequados etc.), o que aumenta, significativamente, a quantidade de empresas que realizam o reaproveitamento de seus RCD's, o contrário dos países em desenvolvimento e com grande área, como o Brasil.

CAPÍTULO 6

BIBLIOGRAFIA

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7215:** Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

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

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

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

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

ANGELIM, R. R. **Influência da adição de finos calcários, silicosos e argilosos no comportamento das argamassas de revestimento.** 2000. 272 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, 2000.

ANGELIM, R. R. **Eficiência do preparo de substrato de blocos cerâmicos com solução de cal na resistência de aderência dos revestimentos de argamassa.** In: VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa. Florianópolis, 2005.

ÂNGULO, S.C. (1); ZORDAN, S.E. (2); JOHN, V.M. (3). Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. In: IV SEMINÁRIO “DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RESICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL – MATERIAIS RECICLADOS E SUAS APLICAÇÕES”, 2001, São Paulo. **Anais...** São Paulo, IBRACON, 2001. p 43-56.

CARASEK, H. **Capítulo 26 – Argamassas.** In: **Materiais de construção civil:** princípios de ciência e engenharia de materiais. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010. Editor Chefe: Geraldo C. Isaia. 1.699 p.

CARASEK, H.; CASCUDO, O. **Controle de produção de argamassas industrializadas em obra empregando o método de penetração do cone.** In: SEGUNDO CONGRESSO NACIONAL DE ARGAMASSAS DE CONSTRUCAO, 2007, Lisboa.

CARASEK, H. **Curso sobre avaliação de resultados de ensaios de aderência de revestimentos de argamassa** ministrado no IX Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. GT-Argamassas, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Belo Horizonte, 2011.

CINCOTTO, M.A. **Argamassas de revestimento:** características, propriedades e métodos de ensino. 1. Ed. São Paulo: IPT, 1995. (Boletim; v. 68). 118p.

CONAMA: CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução 307 de 05/07/2002**: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais. Brasília, 2002, 5 p.

CORRÊA, M. R. S.; BUTTLER, A. M.; RAMALHO, M. A. Reciclagem de materiais de construção. **Revista Técnica**, ed. 152, 2009. Disponível em <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/152/imprime156917.asp>>, acessado em 21/06/2011.

COSTA, E.B.C. **Recomendações para a execução do ensaio de resistência de aderência à tração em revestimentos de argamassa**. In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2009, Brasil.

LEVY, S.M.; HELENE, P.R.L. **Reciclagem de entulhos na construção civil, a solução política e ecologicamente correta**. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1995, Brasil.

LEVY, S.M.; HELENE, P.R.L. **Vantagens e desvantagens de argamassas produzidas com entulho de obra, finamente moído**. 1997. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1997.

LINHARES, S. P.; FERREIRA, J. A.; RITTER, E. Avaliação da implantação da Resolução n. 307/2002 do CONAMA sobre gerenciamento dos resíduos de construção civil. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, Vol. 3, nº 3, p 176-194, 2007.

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

MIRANDA, L.F.R.; SELMO, S.M.S.; **Avaliação de argamassas com entulhos reciclados por procedimentos racionais de dosagem**. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1999, Brasil.

MIRANDA, L.F.R. **Estudos de fatores que influem na fissuração de revestimentos de argamassa com entulho reciclado**. 2000. 190 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia e Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

MOTA, J.M.F; SILVA, A.J.C.; CARASEK, H.; BARBOSA, F.R. **Estudo de processos para redução no consumo dos recursos físicos empregados para incremento da aderência em revestimentos internos de argamassa**. In: V ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2009, Brasil.

NAKAKURA, E.; MUNHOZ, F.A.C.; BATTAGIN, A. **Evolução da aderência em sistema de revestimento de argamassa**. In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2009, Brasil.

NENO, C.J.F. **Desempenho de argamassas com incorporação de agregados finos provenientes da trituração do betão: Integração de RCD.** 2010. 168 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2010.

PEDROZO, R. F. E. **Influência da substituição do agregado miúdo natural por agregado reciclado fino em propriedades de argamassas e concretos.** 2008. 161. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

PINTO, T.P. **Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** 1999. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia e Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

SABBATINI, F.H. **Tecnologia de execução de revestimentos de argamassas.** *In:* 13º SIMPÓSIO DE APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DO CONCRETO, 1990, Brasil.

SCARTEZINI, L. M. B.; CARASEK, H. Fatores que exercem influência na resistência de aderência à tração dos revestimentos de argamassa. *In:* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 5., São Paulo, 2003. **Anais.** São Paulo, EPUSP/ANTAC, 2003. p. 545-557.

SCARTEZINI, L. M.; CARASEK, H. **Uso de solução de cal como substituto do chapisco para alvenarias.** *In:* CONCURSO NACIONAL FALCÃO BAUER DE NOVOS MATERIAIS, NOVAS FERRAMENTAS E NOVAS TÉCNICAS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL, 8. COMAT/CBIC – Comissão de Materiais, 2001. CD-ROM. (premiado 2º Lugar na categoria novas técnicas).

SCHNEIDER, D. M. **Deposições irregulares de resíduos da construção civil na cidade de São Paulo.** 2003. 131 p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

SELMO, S.M.S. **Dosagem de argamassas de cimento Portland e cal para revestimento externo de fachadas dos edifícios.** São Paulo, 1989. 202p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Resultados do ensaio de arrancamento

Painel 01 - Chapisco convencional e reboco comum.

CP	ENSAIO	SUBSTRATO	CARGA (N)	SEÇÃO (mm ²)	TENSÃO (Mpa)	Forma de ruptura
1	07/04/2011	Alvenaria	610,00	1.963,50	0,31	Interface Argamassa/chapisco
2	07/04/2011	Alvenaria	575,00	1.963,50	0,29	Alvenaria
3	07/04/2011	Alvenaria	395,00	1.963,50	0,20	40% alvenaria - 60% interface arg./ chapisco
4	07/04/2011	Alvenaria	615,00	1.963,50	0,31	Alvenaria
5	07/04/2011	Alvenaria	350,00	1.963,50	0,18	Interface Argamassa/chapisco
6	07/04/2011	Alvenaria	420,00	1.963,50	0,21	Interface Argamassa/chapisco
7	07/04/2011	Estrutura de concreto	575,00	1.963,50	0,29	Interface Argamassa/chapisco
8	07/04/2011	Estrutura de concreto	185,00	1.963,50	0,09	Argamassa
9	07/04/2011	Estrutura de concreto	655,00	1.963,50	0,33	Interface Argamassa/chapisco
10	07/04/2011	Estrutura de concreto	270,00	1.963,50	0,14	Interface Argamassa/chapisco
11	07/04/2011	Estrutura de concreto	355,00	1.963,50	0,18	Interface Argamassa/chapisco
12	07/04/2011	Estrutura de concreto	415,00	1.963,50	0,21	Interface Argamassa/chapisco

Painel 02 - Chapisco convencional e reboco com aditivo retardador de pega.

CP	ENSAIO	SUBSTRATO	CARGA (N)	SEÇÃO (mm ²)	TENSÃO (Mpa)	Forma de ruptura
1	07/12/2010	Alvenaria	55,00	1.963,50	0,03	Interface argamassa / chapisco
2	07/12/2010	Alvenaria	85,00	1.963,50	0,04	Interface argamassa / chapisco
3	07/12/2010	Alvenaria	145,00	1.963,50	0,07	Interface argamassa / chapisco
4	07/12/2010	Alvenaria	200,00	1.963,50	0,10	Interface argamassa / chapisco
5	07/12/2010	Alvenaria	70,00	1.963,50	0,04	Interface argamassa / chapisco
6	07/12/2010	Alvenaria	140,00	1.963,50	0,07	Interface argamassa / chapisco
7	07/12/2010	Estrutura	95,00	1.963,50	0,05	Interface argamassa / chapisco
8	07/12/2010	Estrutura	290,00	1.963,50	0,15	Argamassa
9	07/12/2010	Estrutura	245,00	1.963,50	0,12	Argamassa
10	07/12/2010	Estrutura	305,00	1.963,50	0,16	Interface argamassa / chapisco
11	07/12/2010	Estrutura	0,00	1.963,50	0,00	Interface argamassa / chapisco
12	07/12/2010	Estrutura	555,00	1.963,50	0,28	Argamassa

Painel 03 - Argamassa com traço de resíduo de argamassa e aditivo retardador de pega.

CP	ENSAIO	SUBSTRATO	CARGA (N)	SEÇÃO (mm ²)	TENSÃO (Mpa)	Forma de ruptura
1	24/01/2011	Alvenaria	295,00	1.963,50	0,15	Interface pastilha / argamassa
2	24/01/2011	Alvenaria	350,00	1.963,50	0,18	Interface chapisco/argamassa - junta vertical
3	24/01/2011	Alvenaria	95,00	1.963,50	0,05	Interface chapisco / argamassa
4	24/01/2011	Alvenaria	200,00	1.963,50	0,10	Argamassa
5	24/01/2011	Alvenaria	165,00	1.963,50	0,08	Interface chapisco / argamassa
6	24/01/2011	Alvenaria	215,00	1.963,50	0,11	Interface chapisco / argamassa
7	24/01/2011	Estrutura	230,00	1.963,50	0,12	Interface pastilhas / argamassa
8	24/01/2011	Estrutura	40,00	1.963,50	0,02	Argamassa
9	24/01/2011	Estrutura	325,00	1.963,50	0,17	Argamassa
10	24/01/2011	Estrutura	145,00	1.963,50	0,07	Argamassa
11	24/01/2011	Estrutura	110,00	1.963,50	0,06	Argamassa
12	24/01/2011	Estrutura	120,00	1.963,50	0,06	Argamassa

Painel 04 - Argamassa com traço de resíduo de argamassa

CP	ENSAIO	SUBSTRATO	CARGA (N)	SEÇÃO (mm ²)	TENSÃO (Mpa)	Forma de ruptura
1	24/01/2011	Alvenaria	430,00	1.963,50	0,22	Interface chapisco / argamassa
2	24/01/2011	Alvenaria	1.065,00	1.963,50	0,54	Interface chapisco / argamassa
3	24/01/2011	Alvenaria	585,00	1.963,50	0,30	Interface substrato / chapisco
4	24/01/2011	Alvenaria	310,00	1.963,50	0,16	Interface chapisco / argamassa - junta horizontal
5	24/01/2011	Alvenaria	320,00	1.963,50	0,16	Interface substrato / chapisco - junta horizontal
6	24/01/2011	Alvenaria	290,00	1.963,50	0,15	Interface chapisco / argamassa
7	24/01/2011	Estrutura	470,00	1.963,50	0,24	Interface chapisco / argamassa
8	24/01/2011	Estrutura	355,00	1.963,50	0,18	Argamassa
9	24/01/2011	Estrutura	380,00	1.963,50	0,19	Argamassa
10	24/01/2011	Estrutura	610,00	1.963,50	0,31	Interface chapisco / argamassa
11	24/01/2011	Estrutura	450,00	1.963,50	0,23	Interface pastilha / argamassa
12	24/01/2011	Estrutura	250,00	1.963,50	0,13	Interface pastilha / argamassa

APÊNDICE A - Resultados do ensaio de arrancamento**Painel 05 - Chapisco com cal e reboco convencional**

CP	ENSAIO	SUBSTRATO	CARGA (N)	SEÇÃO (mm ²)	TENSÃO (MPa)	Forma de ruptura
1	07/12/2010	Alvenaria	130,00	1.963,50	0,07	Interface argamassa / chapisco
2	07/12/2010	Alvenaria	120,00	1.963,50	0,06	Interface argamassa / chapisco
3	07/12/2010	Alvenaria	370,00	1.963,50	0,19	Interface argamassa / chapisco
4	07/12/2010	Alvenaria	125,00	1.963,50	0,06	Interface argamassa / chapisco
5	07/12/2010	Alvenaria	35,00	1.963,50	0,02	Interface argamassa / chapisco
6	07/12/2010	Alvenaria	410,00	1.963,50	0,21	Interface argamassa / chapisco

Painel 06 - Chapix na estrutura, chapisco, reboco convencional

CP	ENSAIO	SUBSTRATO	CARGA (N)	SEÇÃO (mm ²)	TENSÃO (Mpa)	Forma de ruptura
7	07/12/2010	Estrutura	285,00	1.963,50	0,15	Interface argamassa / chapisco
8	07/12/2010	Estrutura	345,00	1.963,50	0,18	Argamassa
9	07/12/2010	Estrutura	35,00	1.963,50	0,02	Argamassa
10	07/12/2010	Estrutura	420,00	1.963,50	0,21	Interface argamassa / chapisco
11	07/12/2010	Estrutura	20,00	1.963,50	0,01	Interface argamassa / chapisco
12	07/12/2010	Estrutura	70,00	1.963,50	0,04	Argamassa

APÊNDICE B - RESULTADOS DA AVALIAÇÃO TÁCTIL-VISUAL

	Dureza ao risco	Grau de fissuração	Dureza ao risco	Grau de fissuração
	PAINEL 01 - ALVENARIA		PAINEL 01 - ESTRUTURA	
Operador 01	4,0	4,0	4,0	3,0
Operador 02	4,0	5,0	4,0	3,0
Operador 03	4,5	4,5	4,0	3,0
	PAINEL 02 - ALVENARIA		PAINEL 2 - ESTRUTURA	
Operador 01	3,5	3,0	3,0	4,0
Operador 02	3,5	3,0	3,5	4,0
Operador 03	3,5	3,0	3,5	4,0
	PAINEL 03 - ALVENARIA		PAINEL 03 - ESTRUTURA	
Operador 01	3,0	1,0	2,5	1,0
Operador 02	3,5	1,0	3,0	1,0
Operador 03	3,5	1,5	3,0	1,0
	PAINEL 04 - ALVENARIA		PAINEL 04 - ESTRUTURA	
Operador 01	4,0	4,0	4,0	4,0
Operador 02	4,5	4,0	4,0	3,5
Operador 03	4,0	4,0	4,0	4,0
	PAINEL 05 - ALVENARIA		PAINEL 06 - ESTRUTURA	
Operador 01	5,0	5,0	3,0	5,0
Operador 02	5,0	5,0	3,5	5,0
Operador 03	4,5	5,0	3,5	5,0

ANEXOS

ANEXO A - Vedalit: Aditivo plastificante concentrado para argamassas

VEDALIT é um aditivo concentrado que proporciona ótima liga e trabalhabilidade às argamassas e rebocos.

Por ser líquido, VEDALIT facilita o trabalho, proporcionando economia de material, rapidez na execução e excelente acabamento do serviço.

Agrega uma série de vantagens às argamassas: maior aderência, coesão, ausência de fissuras e menor exsudação. Argamassas preparadas com VEDALIT não precisam ser curtidas.

Por serem isentas de cal, as argamassas preparadas com VEDALIT não se destacam, mesmo quando aplicadas em porões e em outros locais de pouca ventilação, podendo inclusive receber pinturas impermeáveis.

Reduz o atrito entre as partículas da argamassa, diminuindo a quantidade de água necessária para proporcionar trabalhabilidade. Tem efeito plastificante e estabilizador, deixando as argamassas com consistência mais plástica. Confere maior rendimento, além de eliminar bastante perdas. Sua estocagem, em embalagens plásticas e simples, segura e econômica, ocupa muito pouco espaço na obra.

CARACTERÍSTICAS:

Densidade: 1,01 g/cm³

Aparência: líquido escuro, isento de cloretos

Composição básica: resinas naturais

Validade: 24 meses

CAMPOS DE APLICAÇÃO:

- Argamassas de assentamento e reboco.

PRECAUÇÕES:

Armazenamento:

Estocar o produto em local coberto, fresco, seco e ventilado, fora do alcance de crianças e animais e longe de fontes de calor.

Atenção!

- Aconselha-se sempre a realização de ensaios preliminares, nas mesmas condições da obra, para se determinar a dosagem ideal do produto e a sua compatibilidade com o cimento a ser usado.
- Usar areia média e preferencialmente cimento tipo II ou V. Areia grossa ou excessivamente fina e cimento com altos teores de adições podem causar perda de resistência e fissuração da argamassa.
- Manter o nivelamento e prumo quanto à execução da alvenaria. A qualidade geral do serviço não depende apenas do aditivo, mas sim de um conjunto de ações.

EPI (EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL)

Avental de PVC

Luvas de borracha

Óculos de Segurança

ANEXO B - MSET PLASTIFICANTE R

MSET PLASTIFICANTE R é um aditivo líquido plastificante para concreto e retardador no tempo de pega.

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

- Redução de 6 a 12% da necessidade de água do traço, dependendo do traço utilizado, promovendo um aumento das resistências mecânicas do concreto ou aumento da plasticidade facilitando a aplicação;
- Redução do consumo de cimento em concretos de plasticidade e resistência já pré-determinados;
- Incremento da homogeneidade do traço com melhor dispersão dos grãos de cimento e distribuição dos agregados, com redução da segregação e exsudação;
- Retardamento do tempo de pega do cimento aumentando o tempo para transporte e aplicação de cimento.

CAMPOS DE APLICAÇÃO

- Concretos dosados em central com cimento de pega lenta e transporte em longas distâncias;
- Concretos bombeados;
- Concreto para estrutura virados em obra com aplicação lenta.

PROPRIEDADES MSET PLASTIFICANTE R

Embalagem	200 litros e balde 18 litros
Cor Líquido	marrom
Densidade (g/cm ³)	1,18 + / - 0,03
pH	4
Sólidos (%)	40

LIMITAÇÕES

- Recomenda-se testes de dosagens do aditivo no concreto para melhor a adequação das características do concreto à aplicação que se destina.

APLICAÇÃO DO MSET PLASTIFICANTE R

- O MSET PLASTIFICANTE R deve ser adicionado junto com a água de amassamento do concreto, preferencialmente no final da dosagem de água;
- A dosagem recomendada é entre 0,2% e 0,5% do peso do cimento no traço (100 ml a 250 ml paracada 50 Kg de cimento). Quanto maior a dosagem, maior será o efeito o retardamento do tempo de pega do concreto.

PRECAUÇÕES

Manter a embalagem sempre fechada, quando não estiver em uso;

Nunca reutilizar a embalagem para outra finalidade;

Armazenar na embalagem original em local coberto, seco, ventilado e longe de fontes de calor;

Manter fora do alcance das crianças e animais;

É recomendável o uso de EPI's pertinentes ao trabalho com argamassas cimentícias;

Em caso de contato com a pele e olhos, lave com água potável e corrente por 15 minutos;

Se ingerido, não provoque vômito, consulte imediatamente um médico levando a embalagem;

GARANTIA

As informações contidas nesta ficha técnica são baseadas em testes laboratoriais e em nosso conhecimento sobre o produto. Medidas de valores podem variar devido o ambiente. A MSET garante ser este produto livre de defeitos de fabricação e a extensão de sua garantia é limitada ao preço de compra de seu produto, somente se provado ser defeituoso e quando usado como recomendado.

TEMPO DE VALIDADE DO PRODUTO

Doze meses, a partir da data de fabricação, armazenado na embalagem original lacrada, a uma temperatura de 15° a 30°C.

ANEXO C - Chapix SBR

DESCRIÇÃO

O Chapix SBR é uma emulsão de polímero estireno-butadieno, denominado SBR, e aditivos especiais desenvolvido para proporcionar melhor aderência de argamassas e chapiscos cimentícios.

CAMPOS DE APLICAÇÃO

- Em chapiscos comuns e rolados para aplicação em paredes internas e externas, secas ou úmidas
- Em argamassas de acabamento para paredes internas e externas
- Como ponte de aderência para argamassas convencionais

VANTAGENS

- Facilita a aplicação do chapisco rolado, reduzindo as perdas de material e a geração de sujeira na obra
- Produto resistente à umidade, não reemulsiona
- Diminui a retração e a permeabilidade de chapiscos e argamassas
- Aumenta a coesão das argamassas
- Reduz a fissuração em argamassas de revestimento
- Produto monocomponente pronto para o uso

INSTRUÇÕES DE USO

Critérios de projeto

O Chapix SBR deve ser diluído na água de amassamento em proporções que variam de acordo com o traço utilizado e a finalidade de sua aplicação. Os traços e proporções sugeridos a seguir estão especificados em volume de acordo com cada tipo de composição, porém, a confirmação das proporções de Chapix SBR deverá ser realizada previamente na obra ou em

laboratório em função das especificações de projeto e do tipo e classe de cimento Portland utilizado.

Preparo do substrato

Para a aplicação de chapisco comum ou rolado deve-se saturar a superfície dos substratos porosos, como alvenaria ou concreto, até a condição de superfície saturada e seca, ou seja, úmida mas sem o empoçamento de água. A aplicação de argamassas de emboço deve ser executada sobre o chapisco curado.

APLICAÇÕES

Para todas as aplicações, é importante observar que o produto Chapix SBR é uma emulsão de polímero estireno-butadieno, aditivos e água. Desta forma, a quantidade da água de amassamento deve ser reduzida de forma proporcional à adição do Chapix SBR com o objetivo de manter a relação água/cimento da mistura, sempre lembrando que quanto menor esta relação, melhores as propriedades mecânicas e físicas das argamassas. Esta redução está indicada em cada traço descrito abaixo, sendo separadas as proporções da água de amassamento e de Chapix SBR que, juntas, compõem a relação líquido/cimento indicada.

- **Chapiscos comuns - Relação líquido/cimento < 1,05**

1 parte de cimento* : 3 partes de areia : 0,70 partes de água : 0,35 partes de Chapix SBR**

- **Chapiscos rolados - Relação líquido/cimento < 0,90**

1 parte de cimento* : 2 partes de areia : 0,60 partes de água : 0,30 partes de Chapix SBR**

- **Argamassa de emboço - Relação líquido/cimento < 0,48**

1 parte de cimento* : 3 partes de areia : 0,32 partes de água : 0,16 partes de Chapix SBR**

* Cimento Portland

** Observar que as proporções acima já contemplam a dedução da quantidade de água proporcional à quantidade adicionada de Chapix SBR

LIMPEZA

A limpeza das ferramentas e equipamentos deve ser realizada imediatamente após a conclusão dos serviços com o uso de água limpa. Após o endurecimento do chapisco ou da argamassa dosados com a adição do Chapix SBR, sua remoção somente poderá ser realizada mecanicamente.

PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS

Aspecto: Líquido branco leitoso

Massa específica (ASTM D-1475): 1,050 kg/dm³

pH: Alcalino

CONSUMOS TEÓRICOS APROXIMADOS

Aplicação	Consumo (L/m ²)	Consumo (L/m ³)	Parâmetro de referência
Chapiscos comuns	0,40	140	Espessura de 3 mm
Chapiscos rolados	0,44	150	Espessura de 3 mm
Argamassa de emboço	1,60	80	Espessura de 20 mm

RENDIMENTOS TEÓRICOS APROXIMADOS

Aplicação	Embalagem			
	1 L	3,6 L	18 L	200 L
Chapiscos comuns	2,5 m ²	9,0 m ²	45,0 m ²	500,0 m ²
Chapiscos rolados	2,3 m ²	8,2 m ²	41,4 m ²	460 m ²
Argamassa de emboço	0,63 m ²	2,3 m ²	11,3 m ²	126,0 m ²

O cálculo do rendimento aproximado de cada embalagem leva em consideração os parâmetros apresentados no cálculo dos consumos aproximados para cada aplicação do produto Chapix SBR.

FORNECIMENTO E ARMAZENAGEM

O Chapix SBR é fornecido em embalagens de 1 L, 3,6 L, 18 L e 200 L. Mantendo-se em local seco e na embalagem original lacrada, sua validade é de 12 meses.

PRECAUÇÕES

As medidas de higiene e de segurança do trabalho e as indicações quanto ao fogo, limpeza e disposição de resíduos devem seguir as recomendações gerais.