

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

**REVESTIMENTO EXTERNO EM ARGAMASSA
DE CIMENTO, CAL E AREIA - SISTEMÁTICA
DAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DE
PORTO ALEGRE**

ARNALDO MANOEL PEREIRA CARNEIRO

Dissertação apresentada ao corpo docente do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA.

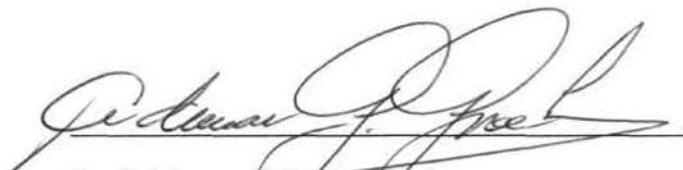
PORTO ALEGRE

ABRIL, 1993

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pelo Curso de Pós-Graduação.



Prof. Hélio Adão Greven
Orientador



Prof. Ademair Gilberto Groehs
Coord. do Curso de Pós-Graduação em Eng. Civil

BANCA EXAMINADORA

- Prof. Hélio Adão Greven (orientador)
Dr. pela Universitaet Hannover
- Prof. Luis Carlos Bonin (co-orientador)
M. Sc. pela UFRGS
- Prof. Maria Alba Cincotto
Dr. pela EPUSP/USP
- Prof. Carlos Torres Formoso
Ph. D. pela University of Salford

AGRADECIMENTOS

Aos professores Hélio Greven e Luis Carlos Bonin pela orientação desta dissertação.

A CAPES pelo auxílio financeiro que permitiu a realização deste trabalho.

A todos os professores que direta ou indiretamente contribuíram com preciosas informações.

Aos funcionários da UFRGS pela amabilidade demonstrada durante nosso período de convivência.

A Juliana Z. Bonilha pela organização das referências bibliográficas e pela boa vontade e simpatia.

A Genoveva pela correção do abstract.

A Lilian pela correção dos desenhos.

A Ana Clarice pelas correções no texto.

A toda equipe do NORIE, especialmente aos colegas da turma de 1990, que compartilhamos muitos momentos.

*Agradeço aos meus pais, Maurício e Diva,
pelo apoio e incentivo em todos os momentos
para a realização deste trabalho.*

*para
Maria*

RESUMO

O trabalho consta de uma revisão do estado-da-arte da sistemática de aplicação de revestimento externo em argamassa de cimento, cal e areia; e, de uma análise desse processo, a partir de observações nas empresas de construção civil, sub-setor edificações, da cidade de Porto Alegre.

O estado-da-arte observado, está sistematizado de maneira a ser um subsídio para o projetista de revestimento selecionar a argamassa de cimento, cal e areia, para ser utilizada como revestimento na fachada de uma edificação, a fim de que tenha desempenho e durabilidade satisfatórios. E ainda, descreve-se os procedimentos dos serviços para a produção deste revestimento; além de um meio para o controle desses serviços.

A análise do processo construtivo, observado em empresas de construção civil de Porto Alegre, é feita a partir de um perfil traçado com dados coletados em canteiros de obra, tendo-se como base a sistematização do estado-da-arte. Após a análise, faz-se algumas sugestões para melhorar a produção de revestimento, em que se procura evidenciar a importância de detalhar o projeto em todas as suas etapas, bem como a correta especificação dos seus materiais constituintes.

Por fim, descreve-se diretrizes para estudos subseqüentes, considerados necessários para o aprimoramento deste processo construtivo.

ABSTRACT

This work reviews the production construction process of external mortar coating composed of cement, lime and sand. It analyses this process through data collected from various construction sites of building firms located in Porto Alegre, Brazil.

The objective of this work is twofold first, to sistematize all the information about the production of mortar composed of cement, sand and lime in order to subsidize technical decisions for the appropriateness (performance and durability) of using this type of mortar as external coating for buildings; and second, to describe the procedure and control systems for its production.

The analysis of the data led to suggestions for the improvement of the production of external mortar coating. These suggestions emphasize the importance of the planning of all phases of production, the accurate specification of materials, as well as some guidelines for subsequent research on this topic.

REVESTIMENTO EXTERNO EM ARGAMASSA DE CIMENTO, CAL E AREIA - SISTEMÁTICA DAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DE PORTO ALEGRE

SUMÁRIO

| | |
|---|------|
| RESUMO..... | vi |
| ABSTRACT..... | vii |
| NOMENCLATURA..... | xii |
| LISTA DE TABELAS..... | xiii |
| LISTA DE FIGURAS..... | xiv |
| | |
| INTRODUÇÃO..... | 1 |
| | |
| I. REQUISITOS DE DESEMPENHO DE UM REVESTIMENTO EXTERNO EM ARGAMASSA DE CIMENTO, CAL E AREIA..... | 3 |
| 1.1. DEFINIÇÕES..... | 3 |
| 1.2. FUNÇÕES DO REVESTIMENTO..... | 3 |
| 1.2.1. Estanqueidade à Água..... | 3 |
| 1.2.2. Conforto Térmico..... | 4 |
| 1.2.3. Isolamento Acústico..... | 6 |
| 1.2.4. Resistência ao Fogo..... | 6 |
| 1.2.5. Contribuição para um Bom Aspecto..... | 8 |
| 1.3. PROPRIEDADES DO REVESTIMENTO EXTERNO DE ARGAMASSA..... | 8 |
| 1.3.1. Resistência Mecânica..... | 8 |
| 1.3.2. Impermeabilidade..... | 10 |
| 1.3.3. Aderência a Base..... | 11 |
| 1.4. FATORES QUE INFLUEM NO DESEMPENHO DO REVESTIMENTO EXTERNO EM ARGAMASSA DE CIMENTO, CAL E AREIA..... | 13 |
| 1.4.1. Exposição a Intempéries..... | 13 |
| 1.4.2. Poluição Atmosférica..... | 14 |
| 1.4.3. Especificação de Acabamento e Detalhes Arquitetônicos..... | 14 |
| 1.4.4. Características da Base..... | 15 |
| 1.4.5. Capacitação da Mão-de-obra..... | 17 |
| 1.4.6. Atividades Antecedentes..... | 18 |

| | |
|--|-----------|
| 1.5. SISTEMAS DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA | 19 |
| 1.5.1. Sistema Tradicional e Não-Traducional..... | 19 |
| 1.5.2. Critérios para Escolha do Sistema de Revestimento | 23 |
| | |
| II. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DOS | |
| REVESTIMENTOS EXTERNOS EM ARGAMASSA DE CIMENTO, CAL E AREIA . | 24 |
| | |
| 2.1. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES | 24 |
| 2.1.1. Cimento..... | 24 |
| 2.1.2. Cal | 25 |
| 2.1.3. Areia | 26 |
| 2.1.4. Água de Amassamento | 28 |
| 2.1.5. Aditivos..... | 29 |
| 2.1.6. Reforços..... | 30 |
| 2.1.7. Misturas Preparadas | 31 |
| 2.2. REQUISITOS DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO | 32 |
| 2.3. DOSAGEM E MISTURA DA ARGAMASSA DE CCA..... | 34 |
| 2.3.1. Importância da Especificação da Dosagem..... | 34 |
| 2.3.2. Controle da Produção da Argamassa CCA..... | 36 |
| 2.4. PREPARAÇÃO DA BASE DO REVESTIMENTO..... | 37 |
| 2.4.1. Procedimento Gerais de Preparação..... | 37 |
| 2.4.2. Procedimentos Específicos de Preparação..... | 38 |
| 2.4.2.1. Concreto | 38 |
| 2.4.2.2. Paredes de Alvenaria | 39 |
| 2.4.2.3. Base de Madeira ou Metal | 40 |
| 2.5. PROCEDIMENTO DE EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO..... | 40 |
| 2.5.1. Descrição dos Procedimentos Básicos para Execução do Revestimento | 40 |
| 2.5.1.1. Execução da Camada de Preparo da Base..... | 41 |
| 2.5.1.2. Definição de Referências do Plano de Revestimento..... | 41 |
| 2.5.1.3. Execução do Corpo do Revestimento | 43 |
| 2.5.1.4. Execução da Camada de Acabamento Decorativo..... | 44 |
| 2.5.1.5. Execução de Quinas e Cantos | 45 |
| 2.5.1.6. Execução do Revestimento de Sócios e Paredes Enterradas..... | 47 |
| 2.5.1.7. Execução de Detalhes Contrutivos..... | 48 |
| 2.5.2. Controle dos Serviços de Execução do Revestimento | 51 |
| 2.5.2.1. Levantamento das Condições Iniciais do Trabalho | 51 |
| 2.5.2.2. Controle das Etapas de Execução | 52 |

| | |
|---|-----------|
| III. O PERFIL DA PRODUÇÃO DE REVESTIMENTO DE FACHADAS COM ARGAMASSA DE CIMENTO, CAL E AREIA PELAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO DE PORTO ALEGRE | 54 |
| 3.1. O ESCOPO DA ABORDAGEM..... | 54 |
| 3.2 METODOLOGIA UTILIZADA PARA A IDENTIFICAÇÃO DO PERFIL..... | 54 |
| 3.2.1. Procedimento na Coleta dos Dados..... | 54 |
| 3.2.2. Procedimento de Classificação das Empresas de Construção..... | 55 |
| 3.2.3. Procedimentos para Sistematização dos Dados | 56 |
| 3.2.3.1. Fatos Ocorrentes com os Materiais | 56 |
| 3.2.3.2. Fatos Ocorrentes na Produção da Argamassa de Revestimento | 56 |
| 3.2.3.3. Fatos Ocorrentes na Execução de Revestimento com Argamassa | 57 |
| 3.3. O PERFIL FORMADO A PARTIR DA SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS | 57 |
| 3.3.1. A Especificação dos Materiais | 57 |
| 3.3.2. Compra dos Materiais..... | 58 |
| 3.3.3. Recebimento de Materiais..... | 59 |
| 3.3.4. Armazenamento dos Materiais..... | 60 |
| 3.3.5. Determinação do Traço | 62 |
| 3.3.6. Dosagem da Argamassa..... | 62 |
| 3.3.7. Mistura dos Materiais | 63 |
| 3.3.8. Transporte dos Materiais | 64 |
| 3.3.9. Metodologia de Execução | 66 |
| 3.3.10. Controle dos Serviços..... | 66 |
| | |
| IV. ANÁLISE DOS PROCEDIMENTOS DE PRODUÇÃO DE REVESTIMENTO EXTERNO EM ARGAMASSA DE CCA PELAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DE PORTO ALEGRE | 69 |
| 4.1. ANÁLISE DOS PROCEDIMENTOS A PARTIR DO PERFIL | 69 |
| 4.1.1. Especificação, Aquisição e Controle dos Materiais..... | 69 |
| 4.1.2. Produção da Argamassa..... | 70 |
| 4.1.3. Execução do Revestimento | 71 |

| | |
|--|--------|
| V. ESTRATÉGIAS PARA MELHORAMENTO DA PRODUÇÃO DE REVESTIMENTO EM ARGAMASSA DE CCA..... | 72 |
| 5.1. ÊNFASE NO PROJETO DE REVESTIMENTO | 73 |
| 5.2. PLANEJAMENTO DAS OPERAÇÕES NO CANTEIRO DE OBRAS | 74 |
| 5.3. PROCEDIMENTOS PARA O CONTROLE E GARANTIA DA QUALIDADE DOS MATERIAIS | 75 |
| 5.4. RECOMENDAÇÕES PARA A RACIONALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA..... | 76 |
| 5.5. PROCEDIMENTOS PARA A EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO | 77 |
| 5.6. PADRONIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS NA EMPRESA..... | 78 |
| COMENTÁRIOS FINAIS..... | 79 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 81 |
| ANEXOS | |
| ANEXO A - QUESTIONÁRIO UTILIZADO NAS ENTREVISTAS COM AS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DE PORTO ALEGRE | 2 |
| A.1 - CONSIDERAÇÕES..... | 2 |
| A.2 - QUESTIONÁRIO..... | 2 |
| A.2.1 - MATERIAIS..... | 2 |
| A.2.2 - PRODUÇÃO..... | 2 |
| A.2.3 - EXECUÇÃO..... | 2 |
| ANEXO B - COLETÂNEA DAS RESPOSTAS DAS ENTREVISTAS COM AS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DE PORTO ALEGRE | 4 |
| B.1 - CONSIDERAÇÕES..... | 4 |
| B.2 - GRUPOS DE EMPRESAS | 4 |
| B.2.1 - EMPRESAS DO GRUPO I..... | 4 |
| B.2.2 - EMPRESAS DO GRUPO II..... | 10 |
| B.2.3 - EMPRESAS DO GRUPO III | 13 |
| ANEXO C - RELAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS VIGENTES | 15 |

NOMENCLATURAS

ASTM - American Society for Testing and Materials.

BS - British Standards.

BSI - British Standards Institution.

BRE - Building Research Establishment.

CSTB - Centre Scientifique et Technique du Batiment.

CSTC - Centre Scientifique et Technique de la Construction.

CICIHA - Centro de Investigacion de la Construccion Industrializada en el Habitat.

DIN - Deutsches Institut für Normung.

DTU - Document Technique Unifié.

EPUSP - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

NBR - Norma Brasileira Registrada.

NTE - Normas Tecnológicas de la Edificacion.

PCA - Portland Cement Association.

SAA - Standards Association of Australia

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

| | |
|---|----|
| Tabela 1.2.2-a: valores de transmitância (U) de alguns elementos | 5 |
| Tabela 1.2.4-a: Resultado dos ensaios de resistência ao fogo do revestimento em argamassa, sobre diferentes tipos de paredes (BERTO, 1988) | 7 |
| Tabela 1.3.2-a: Parâmetros básicos do ensaio de permeabilidade em paredes de alvenaria com e sem revestimento (BAUER, 1987) | 12 |
| Tabela 1.4.1-a: Classificação das condições de exposição dos revestimentos externos de fachada | 13 |
| Tabela 1.5.1-a: Concepção do sistema de revestimento pela BS 5262 (BSI, 1976), BRE (1983) e ASTM C926 (ASTM, 1990) | 20 |
| Tabela 1.5.1-b: Concepção do sistema de revestimento pelo CSTB (1982) | 20 |

CAPÍTULO 2

| | |
|--|----|
| Tabela 2.1.3-a: Correlação expedita da distribuição granulométrica com o índice de vazios do agregado miúdo (SELMO, 1988) | 28 |
| Tabela 2.3.1-a: Traços de argamassa de cimento Portland e cal para revestimento externos, recomendados pelas normas brasileira, inglesa, americana, francesa e alemã (SELMO, 1989) | 35 |

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1.2.3-a: Gráfico que demonstra a contribuição do revestimento em argamassa para o isolamento acústico. Linha I sem revestimento e a II com revestimento (RAES, 1953)..... 6
- Figura 1.3.2-a: Gráfico de BAUER (1987) que demonstra a contribuição do revestimento em argamassa à impermeabilização da base 12

CAPÍTULO 2

- Figura 2.5.1.2-a: Detalhes do procedimento de assentamento e disposição das taliscas e das mestras (no desenho está com nome de "guia") na parede (ARGAMASSA, 1983)..... 42
- Figura 2.5.1.5-a: Esquema para execução de revestimento em quinas. No desenho as mestras estão com o nome de "guia"(PRIMIANO, 1958)..... 46
- Figura 2.5.1.6-a: Esquema de uma solução para o revestimento de sócos e paredes enterradas (LNEC, 1987)..... 48
- Figura 2.5.1.7-a: Diagrama dos fluxos de água em pingadeiras com diferentes geometrias (PEREZ, 1988)..... 50
- Figura 2.5.1.7-b: Detalhes construtivos complementares necessários ao funcionamento das saliências superficiais da fachada (LNEC, 1954)..... 51

CAPÍTULO 3

- Figura 3.3.4-a: Argamassa básica armazenada sem proteção..... 60
- Figura 3.3.4-b: Argamassa básica produzida há pelo menos 10 dias 61
- Figura 3.3.4-c: Argamassa de revestimento externo sobre folha de madeira compensada evitando o seu espalhamento e maiores perdas..... 61
- Figura 3.3.7-a: Procedimento de dosagem de uma empresa do grupo I; primeiramente o material (cimento, cal e areia) era amontoado em frente a betoneira e depois colocado no seu interior com pá..... 63
- Figura 3.3.8-a: Carro de transporte de argamassa denominado de "Jirica"..... 64
- Figura 3.3.8-b: Caminho interno de um canteiro de obra com declive e entulhos..... 65
- Figura 3.3.10-a: Utilização do encasque para a correção de uma fachada que estava fora de prumo 67
- Figura 3.3.10-b: Detalhe de uma fachada em que foi necessário quebrar o tijolo para evitar a ocorrência de grandes espessuras no revestimento 68

INTRODUÇÃO

As argamassas de cimento, cal e areia para revestimento são todas aquelas que se destinam a tornar os paramentos agradáveis à vista, belos portanto. O embelezamento tanto pode ser nas paredes internas de uma edificação como na fachada externa. No segundo caso, além da parcela de responsabilidade na beleza do edifício, deve-se ter em vista como característica primordial para o revestimento, a proteção da parede revestida às intempéries (OLIVEIRA, 1959).

Desta forma, espera-se que o revestimento proteja a base durante toda a vida útil da edificação. Contudo, este fato não é observado nas edificações, pois são comuns artigos de revistas técnicas que descrevem problemas patológicos nos revestimentos em argamassa.

Observa-se também, artigos que consideram os revestimentos de argamassa como uma das fontes de desperdício de material, devido às grandes espessuras que são verificadas nas edificações.

Os dois temas de artigos citados tratam do revestimento em argamassa sobre dois aspectos: o que é preciso conhecer para um bom desempenho de um revestimento e o que deve-se cuidar para não haver desperdícios. Na realidade, ambos completam-se, visto que a má execução de um revestimento provoca desperdício e aumento imediato do custo da obra, além de trazer futuros problemas patológicos, comprometendo o desempenho e a durabilidade do revestimento.

Um estudo estatístico realizado pelo CSTC (1978), apontou que os problemas com revestimentos em argamassa, representam entre 15 e 16% do total de falhas numa edificação. O mesmo estudo demonstrou também que a maior parte das causas de ocorrências destes problemas (cerca de 40% de um total que inclui defeitos com os materiais, problemas durante a execução e diversos) ocorre devido à falta de um projeto suficientemente elaborado, que contenha conhecimentos elementares da arte de construir, uma vez que a sua falta, leva ao imprevisto nos canteiros de obra por parte de quem executa os serviços.

Portanto, é necessário que sejam elaborados com o devido cuidado projetos de revestimentos, incluindo as especificações dos materiais constituintes a serem utilizados, a fim de minimizar tais problemas.

É com o propósito de fornecer subsídios para o projetista de um revestimento da fachada externa de uma edificação que se elaborou este trabalho. Somente a partir de um esclarecimento sobre as partes que compõe o todo de um sistema de revestimento será possível projetá-lo adequadamente, de maneira que contenha informações básicas sobre este processo construtivo.

O trabalho está dividido em duas partes. A primeira é composta de dois capítulos, que descrevem as funções e propriedades de um revestimento, seguida da descrição de como produzir um revestimento em argamassa de cimento, cal e areia. A segunda parte, também composta de dois capítulos, consta observações, em empresas de construção civil, sub-setor edificações, da cidade de Porto Alegre, sobre a produção de revestimento externo em argamassa em canteiros de obra.

O capítulo I descreve as funções que podem ser atribuídas a um revestimento em argamassa, seguido da descrição das propriedades deste revestimento, necessárias para que atenda a estas funções, além dos fatores que influenciam no seu desempenho. Posteriormente, discute-se os princípios de alguns sistemas de revestimento internacionais, buscando-se uma identidade brasileira para o mesmo.

No capítulo II faz-se uma caracterização dos materiais constituintes da argamassa de revestimento, procurando ressaltar como deve ser os critérios de aceitação. A partir dos materiais constituintes definidos, descreve-se os cuidados necessários durante a produção da argamassa. Posteriormente, passa-se a descrever as etapas para a execução do revestimento, que inclui desde a preparação da base do revestimento, os procedimentos de execução propriamente ditos, até os subsídios para controle destes serviços.

O capítulo III descreve o perfil da produção de revestimento por empresas de construção civil, sub-setor edificações, de Porto Alegre. Este Perfil foi formado a partir da documentação dos procedimentos básicos adotados pelas empresas para a produção de revestimento, e sistematizados de acordo com os sub-processos considerados, a saber: controle dos materiais, produção de argamassa e execução do revestimento.

No capítulo IV faz-se uma análise dos procedimentos adotados para a produção de revestimento, documentados e sistematizados no capítulo III, com base nos capítulos I e II.

No capítulo V constam propostas estratégicas para melhorar a produção de revestimento nos canteiros de obra.

Nos comentários finais, faz-se observações sobre a bibliografia consultada para esta dissertação, além de se apresentar diretrizes para estudos subseqüentes, que possam contribuir para o desenvolvimento do tema.

CAPÍTULO I - REQUISITOS DE DESEMPENHO DE UM REVESTIMENTO EXTERNO EM ARGAMASSA DE CIMENTO, CAL E AREIA (CCA)

1.1. DEFINIÇÕES

Segundo a NBR 7200 (INMETRO, 1982), revestimento é o "recobrimento de uma superfície lisa ou áspera com uma ou mais camadas superpostas de argamassa em espessura via de regra uniforme, apta a receber sem danos, uma decoração final".

Como técnica tradicional de revestimento, é comum o uso de argamassa como único componente do revestimento de fachadas externas. Segundo a mesma norma, argamassa é a "mistura de aglomerantes e agregados minerais com água, possuindo capacidade de endurecimento e aderência", ou como PIANCA (1967) define: "pasta composta de aglomerantes e água, as quais se incorpora geralmente um material inerte, a areia, para diminuir a contração e torná-la mais econômica".

Pode-se dizer que há uma certa variação nas definições do que vem a ser uma argamassa, mas todas tem em comum a mistura de aglomerantes, agregados e adição de água, que se adota aqui como definição geral.

1.2. FUNÇÕES DO REVESTIMENTO

Considera-se que as funções de um revestimento externo de argamassa estão associadas a sua contribuição para a estanqueidade à água das fachadas (CSTB, 1990), para o conforto térmico e acústico no ambiente construído (BSI, 1976), para a segurança ao fogo da envoltória (CSTB, 1980) e para um bom aspecto da edificação, retificando os defeitos de prumo e nível das suas fachadas.

1.2.1. Estanqueidade à Água

Segundo o CSTB (1982), a estanqueidade global da envoltória é assegurada pela impermeabilidade do revestimento, obtida com o uso de uma argamassa de baixa capilaridade e boa densidade, através de um traço rico em aglomerantes e com forte energia de aplicação e, ainda, com a execução de camadas suficientemente espessas.

A penetração da água pode ocorrer através dos poros e/ou fissuras no revestimento. A extensão da penetração através dos poros depende da permeabilidade das várias camadas (BSI, 1976).

De acordo com a BS 5262 (BSI, 1976) a proteção à penetração de água na interface revestimento/base evita problemas como a perda de aderência, o aparecimento de mais fissuras (no caso de já haver), a completa desintegração do revestimento, por efeitos de gelividade (fenômeno que pode ser provocado por baixa temperatura e vento), e a dissolução de sulfatos presentes no material de revestimento ou como poluente da atmosfera.

1.2.2. Conforto térmico

Segundo a DIN 18550 - Part 1 (DIN, 1985) contribuem para o isolamento térmico de uma fachada os revestimentos de condutividade térmica (k) com valor máximo de 0,2 W/mK. RIVERO (1986) considera que o valor de (k) depende estreitamente da massa específica do material, que segundo a mesma norma deve ser inferior a 600 kg/m³.

O valor da condutividade térmica (k) expressa "a quantidade de calor transmitido através de um corpo considerado homogêneo, num regime estacionário, por unidade de espessura, unidade de área e unidade de tempo, quando a diferença entre as temperaturas de suas faces é a unidade. O material é homogêneo quando a condutividade térmica não varia com a espessura ou a área da amostra. O regime estacionário se caracteriza por apresentar temperaturas constantes, que não variam com o tempo, de maneira que a quantidade de calor que se transmite através de uma seção qualquer, paralela às superfícies do fechamento, é sempre a mesma" (RIVERO, 1986).

O mesmo autor considera ainda que o "conteúdo de umidade é outra variável importante no valor de k ", pois à "medida que esta aumenta, cresce também a quantidade de calor transmitido". Desta forma, quando bases de tijolo ou de concreto são colocados externamente sem um revestimento de proteção, os valores de k , dados para condições normais de umidade, 0,81 W/(m.K) e 1,74 W/(m.K) respectivamente, aumentam entre 10% e 25% (RIVERO, 1986).

Das considerações acima, conclui-se que o isolamento térmico deve ser assegurado simultaneamente pela base e pelo revestimento, através de uma baixa condutividade térmica de ambos e também pela garantia do seu não umedecimento.

O isolamento térmico, obtido por um determinado componente vertical da edificação (parede), pode ser avaliado pelo valor da transmitância térmica (U). Esta expressa a quantidade de "calor transmitido de um meio a outro através de um fechamento em regime estacionário, na unidade de tempo e por unidade de área, quando a diferença entre as

temperaturas dos dois meios é igual à unidade" (RIVERO, 1986). A unidade da mesma é $W/(m^2.K)$. A tabela 1.2.2-a, com valores da transmitância térmica (U) de paredes com revestimento de argamassas nas duas faces e sem revestimento, em condições normais de umidade, demonstra a influência do revestimento em argamassa no isolamento térmico de uma fachada.

Tabela 1.2.2-a - Valores de transmitância térmica (U) de alguns componentes

| Componentes..... | U ($W/m^2.K$) |
|--|-----------------|
| PAREDES | |
| Tijolo comum ($\gamma = 1600 \text{ Kg/m}^3$) | |
| - sem revestimento, em condições normais de umidade | |
| e = 10cm..... | 10,00 |
| e = 20cm..... | 5,00 |
| - com revestimento nas duas faces com argamassa de CCA ($e = 1,5\text{cm}$, $e = 2,5\text{cm}$, $\gamma = 2100\text{Kg/m}^3$) | |
| e = 10cm..... | 6,76 |
| e = 20cm..... | 3,64 |
| Tijolo furado ($\gamma = 1300 \text{ Kg/m}^3$) | |
| - sem revestimento, em condições normais de umidade | |
| e = 10cm..... | 3,51 |
| e = 20cm..... | 1,75 |
| - com revestimento nas duas faces com argamassa de CCA ($e = 1,5\text{cm}$, $e = 2,5\text{cm}$, $\gamma = 2100 \text{ Kg/m}^3$) | |
| e = 10cm..... | 2,77 |
| e = 20cm..... | 1,44 |
| Concreto ($\gamma = 2200 \text{ Kg/m}^3$) | |
| - sem revestimento, em condições normais de umidade | |
| e = 5cm | 38,00 |
| e = 10cm..... | 19,00 |
| e = 15cm..... | 12,67 |
| - com revestimento nas duas faces ($e = 1,5\text{cm}$, $e = 2,5\text{cm}$, $\gamma = 2100 \text{ Kg/m}^3$) | |
| e = 5cm | 17,68 |
| e = 10cm..... | 11,73 |
| e = 15cm..... | 8,77 |

Observações:

U - transmitância térmica $W/(m^2.K)$, que representa o fluxo de calor por unidade de tempo dividido pela área e pelo diferencial de temperatura entre dois ambientes.

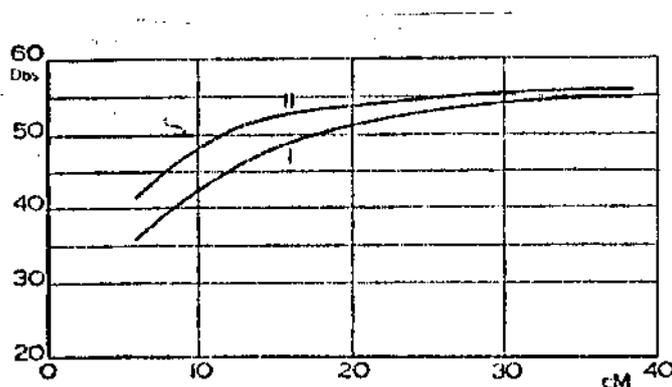
γ - densidade absoluta. Relação entre massa e volume de um corpo;

e - espessura da parede.

1.2.3. Isolamento Acústico

Segundo D'HAVÉ (1977) o revestimento contribui para o isolamento de ruídos transmitidos pelo ar e provenientes de impactos.

De acordo com RAES (1953) os revestimentos de argamassa dão bons resultados no isolamento acústico de paredes delgadas de alvenaria, sendo sua contribuição desprezível em paredes grossas. O gráfico da figura 1.2.3-a demonstra os índices de redução sonora (Dbs), que podem ser obtidos numa parede delgada de alvenaria com e sem revestimento. De acordo com BÁRING (1988) o índice de redução sonora ou a "isolação sonora da amostra", refere-se ao comportamento acústico de um único elemento construtivo (parede ou divisória).



Obs.: As curvas do gráfico são apenas indicadores da ordem de magnitude, ou seja, não podem ser utilizados como valores absolutos.

Figura 1.2.3-a - Gráfico que demonstra a influência do revestimento em argamassa para o isolamento acústico. I sem revestimento e II com revestimento (RAES, 1953).

Por fim, a BS 5262 (BSI, 1976) prescreve que este revestimento aplicado sobre base de elevada porosidade, aumentará o índice de redução sonora da parede à transmissão de ruídos aéreos.

1.2.4. Resistência ao Fogo

De acordo com DAWANCE (1977) o revestimento deve desempenhar o papel de primeira barreira à propagação do fogo proveniente de um incidente exterior, e, ainda "não deve produzir chamas e nem ser composto de material tóxico" (D'HAVÉ, 1977).

Na tabela 1.2.4-a são descritos os resultados do ensaio de resistência ao fogo, que demonstra "a influência de revestimentos de argamassa de traço 1:2:9, em volume, no desempenho de paredes de alvenaria sem função estrutural com dimensões de 2,8m x 2,8m,

totalmente vinculadas a uma estrutura de concreto armado e expostas ao fogo em uma só face" (SELMO, 1989).

Os resultados do referido ensaio, que caracterizam a resistência ao fogo de paredes com e sem revestimento, são expressos "pelo tempo durante o qual a parede em ensaio satisfaz a todos os critérios de avaliação" (SELMO, 1989) previamente determinados: Integridade, Estanqueidade e Isolação Térmica.

Dos resultados do ensaio de resistência ao fogo das referidas paredes, observa-se que aquelas revestidas com argamassa, obtiveram um maior tempo de resistência ao fogo. Nas paredes de 1 tijolo com e sem revestimento, em que os tempos de atendimento aos critérios de avaliação e de resistência ao fogo são idênticos, o ensaio foi "encerrado sem ocorrência de falência em nenhum dos três critérios de avaliação" (BERTO, 1988).

Tabela 1.2.4-a -Resultado dos ensaios de resistência ao fogo do revestimento em argamassa, sobre diferentes tipos de paredes (BERTO, 1988).

| Paredes Ensaçadas | | Resultado dos Ensaios | | | | |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------------|---|---------------|------------------|-----------------------------|
| | | Duração do ensaio (min) | Tempo de atendimento aos critérios de avaliação (horas) | | | Resistência ao fogo (horas) |
| | | | Integridade | Estanqueidade | Isolação Térmica | |
| I | ½ tijolo s/revestimento. e=10cm | 120 | ≥ 2 | ≥ 2 | 1 ½ | 1 ½ |
| | ½ tijolo c/revestimento. e=15cm | 300 | ≥ 4 | > 4 | 4 | 4 |
| | 1 tijolo s/revestimento. e=20cm | 395 | ≥ 6 | ≥ 6 | ≥ 6 | ≥ 6 |
| | 1 tijolo c/revestimento. e=25cm | 300 | ≥ 6 | ≥ 6 | ≥ 6 | ≥ 6 |
| II | bloco concr. 14cm s/revestimento | 130 | 1 ½ | ≥ 1 ½ | 1 ½ | 1 ½ |
| | bloco concr. 14cm revestimento 17cm | 150 | ≥ 2 | ≥ 2 | 2 | 2 |
| | bloco concr. 19cm s/revestimento | 125 | ≥ 2 | ≥ 2 | 1 ½ | 1 ½ |
| | bloco concr. 19cm revestimento 22cm | 185 | ≥ 3 | ≥ 3 | 3 | 3 |

Observações:

e - espessura da parede, com e sem revestimento; revst. - revestimento; blc. c. - bloco vazados de concreto.

(I) Paredes de tijolos comuns de barro cozido, com dimensões nominais de 5x10x20 cm e massa de 1,5 Kg e

(II) Paredes de blocos vazados de concreto, blocos de 2 furos com dimensões nominais de 14x19x39 cm e 19x19x39 cm e massas de 13 e 17 Kg respectivamente. As peças das paredes foram assentadas com argamassa de cal e areia com traço 1:5 e argamassa de cimento, cal e areia com traço 1:1:8 respectivamente, e com juntas de assentamento de 1 cm; os traços são em volume. As paredes revestidas recebem em cada face, uma camada de chapisco, argamassa de cimento e areia com traço de 1:2 e uma camada de emboço, argamassa de cimento, cal e areia com traço 1:2:9, ambos os traços em volume.

O revestimento em cada face tem uma espessura total de 2,5 cm para as paredes de tijolo comum e 1,5 cm para as mesmas de bloco de concreto.

1.2.5. Contribuição para o Bom Aspecto

D'HAVÉ (1977) considera que o conforto visual está diretamente relacionado com a aparência de uma fachada externa. Por conseguinte, esta deve apresentar-se sem manchas, sem irregularidades e com textura e cor uniformes e contínuas.

Julga-se que estas condições são asseguradas, no que diz respeito ao revestimento final de argamassa, pela obtenção de uma superfície plana e não higroscópica.

De acordo com OLIVEIRA (1959) "a primeira é para evitar os efeitos de ondulações do paramento, visíveis facilmente sob a luz tangente aos planos das paredes e, a segunda, para que não aconteça o fenómeno da umidade localizada em áreas limitadas, umidade esta que, resultando da absorção do vapor de água do ar ambiente e condensação sobre o paramento permanece nas paredes mesmo em locais secos". Conclui o mesmo autor que: "tal umidade é permanente e só desaparece com a substituição do material higroscópico que constitui o revestimento".

1.3. PROPRIEDADES DO REVESTIMENTO EXTERNO EM ARGAMASSA

O revestimento somente cumprirá as funções consideradas anteriormente quando a argamassa possuir em seu estado endurecido um conjunto adequado de propriedades.

Estas propriedades podem ser resumidas nos seguintes grupos: resistência mecânica, impermeabilidade e aderência à base.

1.3.1. Resistência Mecânica

Os revestimentos devem ser resistentes às diferentes solicitações a que são submetidos, que, de acordo com LEJEUNE (1982), são as seguintes:

- a) movimentação da base, com variadas formas e causas. A natureza da base é determinante nesta solicitação (BSI, 1976). A variação dimensional por umedecimento e secagem é talvez a mais comum, que ocorre por ação dos agentes exteriores, temperatura e umidade (LEJEUNE, 1982). Outra causa corrente é o recalque no solo das edificações;
- b) movimentação do revestimento, diretamente sujeito às condições climáticas exteriores como chuva, sol e congelamento. As variações de temperatura provocam o fenómeno de dilatação e contração do revestimento (LEJEUNE, 1982). Como os suportes são normalmente rígidos, a retração sofrida pelo revestimento provoca esforços de tração e de cisalhamento ao longo do plano

de aderência. Os primeiros tendem a causar fissuras (ruptura) enquanto os últimos, falhas na aderência entre o revestimento e a base.

A propriedade de resistência mecânica de um revestimento de argamassa pode ser avaliada pela massa volumétrica aparente (MVA), pela fissuração e pela evolução da resistência com o tempo.

De acordo com o CSTB (1990), para um revestimento endurecido (à base de ligantes hidráulicos), a sua MVA está relacionada com a incorporação de ar que ocorre durante a preparação e aplicação. Assim, quanto menor for a incorporação de ar maior será a MVA da argamassa de revestimento, tendo por consequência maior resistência mecânica e maior módulo de deformação.

O processo de fissuração de um revestimento de argamassa depende, essencialmente segundo o CSTB (1982) do movimento de retração, da resistência à tração e do módulo de deformação do mesmo.

O movimento de retração é um fenômeno que ocorre com mais intensidade durante o endurecimento da argamassa de cimento, em consequência de uma diminuição de volume devido à perda de água por evaporação e para a base, ou às reações de hidratação do cimento. Este fenômeno gera tensões internas de tração no revestimento, que pode ou não ter a capacidade de resistir às mesmas (SELMO, 1989).

A resistência à tração traduz a coesão do revestimento e caracteriza os esforços de oposição à ruptura do mesmo nas primeiras idades. Quando os esforços de tração atuantes sobre o revestimento superam a sua resistência à tração, surge a fissura.

A retração também pode ocorrer após a secagem, causada principalmente por variações volumétricas devidas à alteração do grau higrométrico do ambiente (FIORITO, 1984).

Neste estágio, os revestimentos devem apresentar uma boa capacidade de deformação, para que se deformem sem ocorrência de fissuras ou que as mesmas sejam representadas por microfissuras que não comprometam a aderência, a estanqueidade e a durabilidade dos mesmos (SELMO, 1989). Esta capacidade de deformação do revestimento endurecido, é caracterizada pelo módulo de deformação, o qual será tanto maior quanto mais rígido for o revestimento (CSTB, 1982).

Logo, quanto menor o módulo de deformação, maior será a sua flexibilidade aos esforços de tração, oriundas da movimentação de retração do revestimento.

Com base na BS 5262 (BSI, 1976) podem ser feitas algumas recomendações a fim de evitar a fissuração do revestimento:

- a) evitar adição excessiva de água de amassamento, que ao evaporar, deixará grande volume de vazios, provocando uma maior retração;
- b) evitar traços excessivamente ricos em cimento, por necessitar adição de maior quantidade de água de amassamento, além de produzir argamassa mais rígida;
- c) usar areia com granulometria apropriada, evitando particularmente o uso de material muito fino nas dosagens da camada de acabamento;
- d) evitar o desempenamento excessivo, pois pode provocar exsudação e gretamento da superfície;
- e) evitar a secagem rápida, particularmente na camada de acabamento.

A evolução das características mecânicas depende da natureza dos aglomerantes utilizados e, em particular, da proporção cal/cimento. A cal tem um endurecimento lento em presença do gás carbônico presente no ar e depende também da compactidade do revestimento e da ventilação do local. Em locais ventilados, argamassas pouco compactas atingem sua resistência final em tempo relativamente rápido (até 28 dias). Ao contrário, nas argamassas bastante espessas, muito compactas, a evolução ocorre lentamente, alcançando sua resistência final somente após 28 dias (CSTB, 1990)

1.3.2. Impermeabilidade

O CSTB (1982) caracteriza a impermeabilidade pelo coeficiente de capilaridade e permeabilidade ao vapor de água.

O coeficiente de capilaridade caracteriza a velocidade de absorção de água através de canais capilares. O CSTB (1982) distingue três categorias de argamassa em função do seu ensaio: capilaridade forte, capilaridade fraca e capilaridade muito fraca, classificados segundo o ensaio de impermeabilidade de fachadas com revestimentos à base de ligantes hidráulicos que, encontra-se descrito em CSTB (1982): "modalités d'essais des enduits extérieurs d'imperméabilisation de mur à base de liants hydrauliques".

Segundo o CSTB (1990) "a capilaridade de um revestimento de argamassa depende de sua estrutura interna e de sua porosidade. O ar incorporado geralmente diminui a capilaridade, pois as micro bolhas de ar têm o papel de criar descontinuidades nos capilares mais finos".

A permeabilidade ao vapor de água caracteriza a capacidade de um revestimento permitir a migração do vapor de água através de sua estrutura. No período de chuva o revestimento de argamassa absorve uma certa quantidade de água, que perde em seguida em forma de vapor, no período de secagem. O revestimento deve permitir que o vapor de água procedente do interior da base se evacue normalmente (CSTB, 1982).

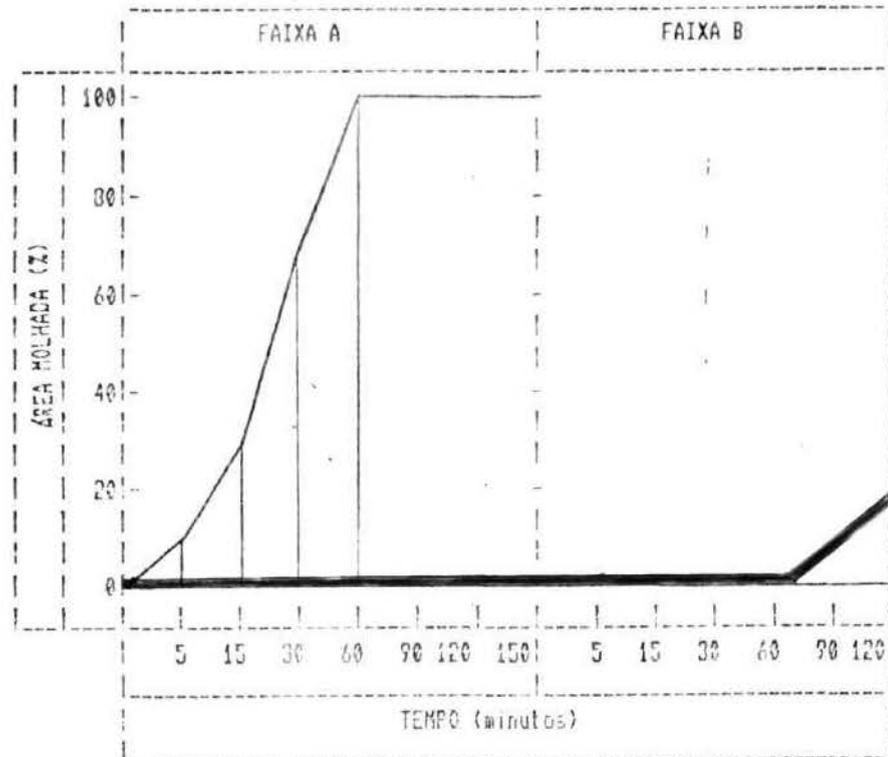
Com o gráfico da figura 1.3.2-a, procura-se demonstrar a importância do revestimento em argamassa na prevenção à penetração de água no ambiente construído através de sua envoltória. Os mesmos representam os resultados de ensaios, realizados por BAUER (1987), do desempenho de paredes de alvenaria à penetração de água com e sem revestimento.

1.3.3. Aderência a Base

Segundo o CSTB (1982) a boa aderência a base depende da rugosidade e dos cuidados com a sua preparação (limpeza, umedecimento, camada de ancoragem) e, ainda, da retenção de água da argamassa durante o efeito de sucção, que evita a saída prematura da água necessária à hidratação do cimento que formará os encunhamentos.

De acordo com a BS 5262 (BSI, 1976) a aderência do revestimento a base pode ser alterada também, pela eflorescência de sais solúveis presentes na argamassa. Segundo a mesma norma, os sais solúveis são de ocorrência provável em bases porosas. Particularmente, os sulfatos ocorrem freqüentemente em bases formadas por ladrilhos ou blocos cerâmicos e podem ser encontrados também, a partir de diversas origens, em edificações antigas.

Outro fator que afeta a aderência, é a resistência mecânica da base às sucessivas camadas do revestimento. Assim, a resistência mecânica do revestimento deve ser sempre decrescente desde a primeira camada até à mais externa, a fim de evitar uma movimentação diferencial entre o revestimento e a base (BSI, 1976).



- Obs.: - as linhas finas representam as alvenarias sem revestimento e, as linhas cheias as alvenarias com revestimento.
- a tabela 1.3.2-a contém os parâmetros básicos deste ensaio.

Tabela 1.3.2-a -Parâmetros básicos do ensaio de permeabilidade em paredes de alvenaria com e sem revestimento.

| Estágio | Faixa | Solicitação | Duração (min) | Vazão (l/m ² .min) | Pressão estática do ar (Pa) |
|---------|-------|------------------|---------------|-------------------------------|-----------------------------|
| I | A | Fraca a Moderada | 150 | * | 0,0 |
| II | B | Severa | 120 | 3,80 | 260,0 |

* Suficiente para criar um filme de água sobre a superfície do corpo de prova

Figura 1.3.2-a - Gráfico de BAUER (1987) que demonstra a contribuição do revestimento em argamassa à impermeabilização da base.

1.4. FATORES QUE INFLUEM NO DESEMPENHO DO REVESTIMENTO EXTERNO EM ARGAMASSA DE CIMENTO, CAL E AREIA

1.4.1. Exposição a Intempéries

De acordo com SELMO (1989) "As condições de exposição às intempéries dos revestimentos externos são função do clima local, das construções à volta do edifício, da posição relativa do revestimento na fachada, bem como da existência de detalhes construtivos ou arquitetônicos de proteção". Segundo AMMAR (1977), verificar as condições de exposição às intempéries é indispensável para uma correta concepção da superfície externa da fachada.

Portanto, recomenda-se fazer uma análise das condições de exposição, às quais o revestimento estará sujeito. Para esta análise, está apresentada na tabela 1.4.1-a uma proposta de classificação das condições de exposição dos revestimentos externos de fachada, a qual tem como base as normas BS 8210 (BSI, 1986) e DIN 18550 - Part1 (DIN, 1985).

Considerando a importância das condições de exposição, comenta-se na NBR 7200 (INMETRO, 1982), item 5.1 que, em clima desfavorável e com uma alvenaria porosa deve ser exigido um revestimento hidrófugo. Julga-se como falha a não especificação do que vem a ser um clima desfavorável e, também, as condições climáticas para os serviços desta atividade, no caso do uso de argamassa de cimento, cal e areia. Além disso, as especificações que se referem ao clima deveriam ser regionalizadas devido à grande extensão territorial e variedade climática do Brasil.

Tabela 1.4.1-a -Classificação das condições de exposição dos revestimentos externos de fachada.

| Classificação das condições de exposição | | Condições de exposição exterior das edificações |
|--|----|--|
| Brandia | | Edificações em área não industrializada e distante do mar mais de 10Km e precipitação anual < 600mm |
| Moderada | I | Edificações em área não industrializada com distância do mar entre 3 e 10Km ou precipitação anual > 600mm e < 800mm |
| | II | Edificações em área urbana ou com índice de poluição branda e distante mais de 10Km do mar. Precipitação anual > 600mm e < 800mm |
| Severa | | Edificações em área não industrializada e distante no máximo 3Km do mar. Precipitação anual > 800mm ou em regiões de ventos fortes |
| Muito severa | | Edificações próximas ao mar e em áreas industrializadas com considerável índice de poluição atmosférica |

1.4.2. Poluição Atmosférica

A poluição atmosférica tem sido motivo de preocupação, pois contribui para a desagregação dos edifícios construídos. A BS 5262 (BSI, 1976) alerta que a acumulação de sujeira e outros materiais sobre a superfície dos revestimentos, provenientes da atmosfera é inevitável em algumas circunstâncias e atenção especial deve ser dada para as áreas industriais.

De acordo com esta mesma norma, a poluição atmosférica afeta o desempenho do revestimento em argamassa em dois aspectos:

- a) durabilidade: com a introdução de substâncias destrutivas (como óxido sulfuroso), que podem atacar o cimento, provocando falhas no revestimento;
- b) aparência: causa a descoloração, que pode não ser prejudicial à durabilidade do revestimento, mas causa efeitos adversos à aparência, particularmente quando a descoloração é irregular.

O efeito da poluição atmosférica é considerado juntamente com aquele da chuva incidente sobre uma fachada externa. Em áreas de poluição atmosférica severa, é muito difícil prevenir a descoloração da camada final do revestimento, por mais que seja adaptada àquela situação (BSI, 1976).

A fim de minimizar os problemas causados pela poluição atmosférica, a BS 5262 (BSI, 1976) recomenda que seja feito estudo prévio do tipo de acabamento, do emprego de materiais especiais na composição da argamassa e do uso de detalhes arquitetônicos, de maneira que a água da chuva seja conduzida a locais preferenciais de fluxo. Assim, ainda que se forme uma má aparência, esta será de forma localizada, tornando mais racional a manutenção da fachada, possibilitando, desta forma, maior durabilidade do revestimento.

1.4.3. Especificações de Acabamentos e Detalhes Arquitetônicos

A fim de evitar a degradação acelerada do revestimento de uma fachada, discute-se a importância da especificação do tipo de acabamento do revestimento e de detalhes arquitetônicos.

Sendo o acabamento final de um revestimento de argamassa um fator importante no seu desempenho, estão relacionados, a seguir, de acordo com as normas BS 5262 (BSI, 1976) e DIN 18550-Part2 (DIN, 1985), os seguintes tipos de acabamento, com suas aplicações:

- a) desempenado e feltrado (liso): acabamento dado inicialmente com desempenadeira de aço e após com esponja (DIN, 1985). Este tipo de

acabamento deve ser utilizado com cuidado por dois motivos: o alisamento excessivo com desempenadeira causa exsudação, levando o material aglomerante para a superfície e favorecendo o aparecimento de fissuras (DIN, 1985). Estes problemas fazem notar a necessidade de mão-de-obra bastante especializada (BSI, 1976);

- b) acabamento com aparência de ranhuras (raspado, vassourado): este tipo de textura final é menos sujeito ao fissuramento do que o feltrado. Embora possua maior propensão ao acúmulo de sujeira, a textura rugosa tende a uma descoloração mais uniforme em relação às texturas lisas e permitem, ainda, uma distribuição mais uniforme da água de chuva incidente reduzindo o risco de penetração através do revestimento (BSI, 1976);
- c) rústico ou chapiscado- este tipo de acabamento possui mais vantagens do que o desempenado. Em condições severas de exposição apresenta maior resistência às intempéries e à fissuração; é conveniente para aplicação em suportes deficientes porque disfarça as imperfeições da superfície (BSI, 1976).

Com relação aos detalhes arquitetônicos, a BS 5262 (BSI, 1976) prescreve que eles podem contribuir para uma boa aparência e durabilidade do revestimento. No entanto, salienta que seu uso indevido causa efeitos adversos do revestimento.

Assim, segundo DORFMAN & PETRUCCI (1989), deve-se buscar "a crescente adequação entre o comportamento previsto para os materiais e elementos construtivos utilizados nas fachadas, o comportamento previsto para suas formas de aplicação e/ou associação aos edifícios e os diferentes graus de exposição das várias partes das fachadas às quais estarão incorporadas". Os mesmos autores, explicam que esta adequação "não visa ao estabelecimento de padrões apriorísticos de especificação de materiais e formas de aplicá-los que se pretendam válidos para todos os projetos de fachadas; ela visa, isto sim, à busca da máxima coerência para qualquer projeto de fachada, uma vez definidas suas características geométricas e uma vez selecionados seus materiais constituintes".

1.4.4. Características da Base

Para a BS 5262 (BSI, 1976) uma base recebe revestimento visando aumentar sua durabilidade, reduzir a penetração de chuva, cobrir uma aparência desagradável ou obter uma decoração de efeito particular.

Estando a aderência da argamassa de revestimento dependente dos cuidados de preparação da base (LEJEUNE, 1982), julga-se necessário conhecer suas características, a fim de se determinar, a nível de projeto, qual procedimento de preparação deve ser adotado.

Com base na mesma norma, pode-se descrever quatro tipos de bases com suas respectivas características:

- a) base de material denso, resistente e uniforme, inclui tijolos ou blocos de argila de alta densidade, ou concreto denso e impermeável, podendo, estes últimos, ser pré-fabricados ou produzidos "In loco". Estes materiais possuem baixa porosidade, pequeno poder de sucção e conseqüentemente pobre aderência. Nas bases de tijolos ou blocos de cerâmica densa, a retração por secagem é insignificante, porém a expansão por absorção de umidade pode ser significativa para os elementos de cozimento recente. No concreto, deve-se levar em conta a retração por secagem que "decorre da contração volumétrica da pasta pela saída da água do concreto conservado em ar não saturado. Uma parte desta retração é irreversível e deve ser diferenciada das variações devidas à umidade causadas pela conservação alternada em ambientes secos e úmidos (retração reversível)" (DAL MOLIN, 1988);
- b) base de material poroso e de resistência moderada, inclui grande parte dos tijolos ou blocos cerâmicos e sílico calcários. Estas bases usualmente oferecem algum poder de sucção e aderência satisfatória. Tijolos e blocos cerâmicos que contém sais solúveis de sulfato em quantidade significativa e que estejam sujeitos à penetração de água podem provocar a expansão das juntas de argamassa, resultando em fissuras e eventual perda de aderência do revestimento. Se o poder de sucção da base for irregular, o tratamento com chapisco é recomendado, pois evitará uma aderência irregular do revestimento a base;
- c) base de material poroso e de baixa resistência, considera-se que os tijolos de baixa resistência necessitam de maior cuidado na seleção do revestimento, do traço de argamassa e do tipo da preparação empregada. Particularmente, é importante que o traço da argamassa de revestimento não seja muito forte, a fim de evitar uma excessiva retração que seria responsável por uma movimentação diferencial indesejável entre a argamassa aplicada e a base. Algumas cerâmicas possuem elevados teores de sais solúveis que podem causar os problemas citados no item anterior;
- d) base de concreto com falhas, caracteriza-se pelo concreto com grandes vazios que oferece condições de aderência. É geralmente bastante resistente às forças

de retração impostas pelo revestimento. Possui poucos poros pequenos, resultando uma baixa capilaridade evitando o transtorno de excessiva sucção.

A influência das características da base nas propriedades e desempenho dos revestimentos são comentadas por normas e pesquisadores, "mas ainda são restritas as investigações experimentais e o domínio tecnológico sobre o assunto" (SELMO, 1989). A mesma autora descreve os "parâmetros a serem pesquisados sobre a base de aplicação dos revestimentos:

- a) movimentação higroscópica por retração de secagem;
- b) efeitos sobre a aderência e fissuração dos revestimentos;
- c) características da base que promovem a aderência;
- d) textura da superfície, em particular."

A identificação desses parâmetros, para a preparação da base que receberá revestimento de argamassa, contribui para a obtenção de aderência mais eficiente.

1.4.5. Capacitação da mão-de-obra

Considerando-se que parte das responsabilidades da produção de revestimento está com os oficiais pedreiros, julga-se necessário a verificação prévia da capacitação dos mesmos, que pode ser feita através de alguns pontos básicos, porém peculiares, do processo de produção do revestimento. Por exemplo, o conhecimento do tempo de espera adequado entre a aplicação da argamassa para emboço e o sarrafeamento da mesma, sem que ocorra fissuramento por retração, indica boa experiência do pedreiro, uma vez que este tempo é muito variável em função das condições climáticas no momento da aplicação.

Portanto, deve existir uma preocupação especial com a mão-de-obra, que de fato executa os serviços, sobretudo pelas responsabilidades que lhes são dadas.

De acordo com VARGAS (1979) "a base técnica do trabalho na construção habitacional" é artesanal; assim, considerando-se o pedreiro como um artesão, a sua atividade (produção de revestimento) "pressupõe uma íntima união entre a atividade intelectual e a manual. O artesão conduz todas as fases de produção de um objeto, desde a concepção até a sua execução final. Indubitavelmente o seu trabalho é altamente qualificado. Toda a potencialidade e habilidade, tanto manual, quanto intelectual, são traduzidas na produção de um bem" (VARGAS, 1979); neste trabalho a "produção de um bem" é o revestimento.

De acordo com FARAH (1992) "o predomínio da atividade manual no processo de trabalho tem como pressuposto a preservação de certa habilidade por parte dos trabalhadores. Tal habilidade corresponde, na verdade, a um saber parcial, relativo a frações do processo de produção, especializações dos trabalhos na execução de determinadas atividades, no manuseio e na transformação de materiais e componentes específicos, associados à execução de partes da edificação". A mesma autora descreve que, embora parcelizados o processo de produção, "estes ofícios requerem da mão-de-obra o domínio de um saber-fazer, relativo ao processo de trabalho, que envolve habilidade no exercício das atividades e sua interferência decisiva na definição de como executar as tarefas. Estabelece-se, assim, na construção, como base da organização do trabalho, uma estrutura de ofício, apoiado na qualificação destes trabalhadores".

1.4.6. Atividades antecedentes

O edifício, como produto final da indústria da construção civil, deve ter um bom desempenho, resultado de um conjunto de atividades racionalmente colocadas em seqüência que, segundo CABRAL (1988), "constituem-se no conjunto de operações e/ou macro-operações que se realizam durante um momento compatível com a programação".

A atividade de revestimento externo é precedida da execução das estruturas portantes (pilar, viga e laje) e de vedação que, segundo SILVA (1991), são as "condições básicas a serem atendidas em termos de precedência técnica para a execução do revestimento" e que podem ser assim resumidas:

- a) o concreto de lajes, vigas e pilares deve estar adequadamente endurecido (após 7 dias);
- b) a argamassa de assentamento da alvenaria deve estar adequadamente endurecida (após 7 dias);
- c) as tubulações de água e esgoto devem estar adequadamente embutidas e testadas quanto à estanqueidade;
- d) os eletrodutos, caixas de passagem ou derivação de instalações elétricas e/ou telefônicas devem estar adequadamente embutidos.

Entretanto, não basta seguir as precedências técnicas, deve-se levar em consideração, também, a forma como estas são executadas. Portanto, um controle de qualidade que envolva as ações de controle de produção e controle de recebimento das precedências técnicas é importante. Vejamos o significado de cada uma dessas ações que fazem o controle de qualidade (HELENE & SOUZA, 1988):

- "o controle de produção é exercido por quem gera produtos em uma das etapas do processo", que no caso das atividades de canteiro de obra antecedentes ao revestimento, são os próprios oficiais;
- o controle de recebimento, "por outro lado, é exercido por quem fiscaliza e aceita os produtos e os serviços executados nas várias etapas do processo".

1.5. SISTEMAS DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA

Após as discussões sobre as funções e propriedades do revestimento de argamassa e dos fatores que podem influenciar o seu desempenho, deve-se determinar qual o Sistema de Revestimento de Argamassa (SRA) que pode ser empregado numa fachada com vistas à sua maior durabilidade.

1.5.1. Sistemas Tradicional e Não-tradicional

A concepção do que vem a ser um SRA está relacionada à tradição da tecnologia construtiva de uma região. Com base nas normas BS 5262 (BSI, 1976), DIN 18550-Part1 (DIN, 1985), ASTM C926 (ASTM, 1990) e dos documentos do BRE-Defect Action Sheet (design) (BRE, 1983) e do CSTB-MAGAZIN (CSTB, 1982), observou-se que a concepção pode variar quanto à constituição da argamassa de revestimento e/ou do número de camadas do mesmo.

Dentre a documentação técnica consultada, apenas a DIN 18550 - Part1 (DIN, 1985) determina o SRA a partir da constituição da argamassa. Esta possui tabelas para revestimento de paredes e tetos, com traços e materiais de argamassa de revestimento especificados para diferentes situações. No caso de revestimentos para paredes externas, há para o sub-solo, revestimentos inibidores de água, revestimentos repelentes à água, revestimento de alta resistência, revestimento de sóco e revestimento para situações normais. Quanto ao número de camadas, não há qualquer restrição, sendo indicado para uma ou várias camadas. No entanto, esta norma recomenda que a qualquer alteração nas argamassas, seja nos materiais ou no traço, devem ser feitos testes para verificação do seu desempenho.

A BS (1976), o BRE (1983), a ASTM (1990) e o CSTB (1982) determinam o SRA a partir do número de camadas do revestimento. Constata-se que a BS, o BRE e a ASTM apresentam semelhanças na concepção do SRA, diferenciando-se o CSTB. Pode-se descrever cada uma destas concepções, sendo a tabela 1.5.1-a do GRUPO-I com os conceitos em comum entre a BS, BRE e a ASTM, e a tabela 1.5.1-b do GRUPO-II, apenas com o conceito do CSTB.

Tabela 1.5.1-a -Concepção do sistema de revestimento pela BS 5262 (BSI, 1976), BRE (1983) e ASTM C926 (ASTM, 1990).

GRUPO - I (BS, BRE e ASTM)

A camada de preparo da base não conta no total do número de camadas do revestimento. No entanto, quando esta incluir tela metálica, o BRE recomenda que seja contada como uma camada.

Todo revestimento externo deve ter no mínimo duas camadas, sendo a primeira niveladora e tendo como função principal prevenir a penetração de umidade, além de proporcionar boa aderência à segunda camada. Esta funciona como acabamento superficial do revestimento.

O uso de três camadas é recomendado quando a exigência de estanqueidade do envelope da construção for elevada. As duas primeiras camadas têm a função de nivelar e aumentar a espessura do revestimento, respectivamente, e a terceira camada é a de acabamento. Neste caso a ASTM recomenda o uso da camada de aderência.

Tabela 1.5.1-b - Concepção do sistema de revestimento pelo CSTB (1982).

GRUPO - II (CSTB)

O CSTB considera o SRA dividido em duas partes: o sistema tradicional e o não tradicional.

O sistema tradicional é composto de três camadas com funções bem definidas: camada de aderência, camada de nivelamento e camada de acabamento. As argamassas são compostas exclusivamente de cimento, cal e areia.

Considera como sistema não-tradicional aquele constituído por uma única camada, feito com argamassa de cimento, areia e aditivos (plastificantes, retentores de água, hidrofugantes...) preparada em usinas.

A concepção no Brasil do SRA é mais aproximada àquela descrita no CSTB, pelo que é citada nos tópicos a seguir como recomendação.

De acordo com a NBR 7200 (INMETRO, 1982), a concepção do SRA está relacionada com o número de camadas de argamassa de revestimento, compostas de cimento, cal e areia. São três as camadas: chapisco, emboço e reboco. Este sistema pode ser chamado de tradicional.

De acordo com o CSTB - MAGAZINE (1982), são chamados de sistemas tradicionais os revestimentos de argamassa à base de aglomerantes hidráulicos executados em três camadas, onde cada uma tem sua função bem definida:

- a) primeira camada, denominada de ancoragem ou de chapisco: sendo a primeira, tem a função de assegurar aderência do revestimento à base, constituindo um fundo de características homogêneas de baixa absorção para aplicação da segunda camada. Sua aparência rugosa é obtida com lançamento bastante enérgico contra a base. A argamassa tem consistência fluida para evitar o fissuramento por sucção da base ou evaporação acelerada por condições

climáticas. Sua fissuração não dificulta em nada o funcionamento do revestimento como um todo.

- b) segunda camada, denominada de emboço: é a parte principal, constituindo-se no corpo do revestimento. Assegura a impermeabilização, ao mesmo tempo que regulariza as imperfeições da camada anterior. Deve apresentar boa compacidade e baixa tendência à fissuração. Assim, a proporção de aglomerantes e água deve ser menor em relação à dosagem da primeira camada, a fim de limitar a retração da argamassa. O emboço pode ser sarrafeado e seguido por um desempenamento. Este, porém não deve ser excessivo pois provocaria exsudação da água de amassamento com possibilidades do aparecimento de fissuras.
- c) camada final ou de acabamento, denominada de reboco: define o aspecto do revestimento. Deve possuir, segundo SIEGRIST (1959), resistência suficiente a choques e à desagregação. Submetida à ação direta dos agentes atmosféricos deve ter compacidade, estrutura e textura aparente que lhe permitam resistir aos mesmos sem fissurar e sem prejudicar seu aspecto.

Além de possuir três camadas de argamassa, o revestimento tradicional não contém nenhum tipo de aditivo, apenas cimento, cal, areia e água de amassamento.

O CSTB - MAGAZINE (1982) conclui, ainda, que este sistema exige um grande número de requisitos para ser de boa qualidade, os quais, nos dias de hoje, são de difícil cumprimento dentre eles podem ser citados:

- a) o tempo de espera para cura entre a aplicação de camadas sucessivas não é obedecido;
- b) a dosagem dos materiais é feita nos canteiros de obra por mão-de-obra não qualificada e mal orientada;
- c) as espessuras de cada camada são superiores às recomendadas;
- d) os aglomerantes utilizados em revestimentos externos são inadequados;
- e) a preparação da base é deficiente.

Como proposta para melhorar o sistema de revestimento tradicional, O CSTB - MAGAZIN (1982) cita a utilização de argamassas semi-prontas, as quais necessitam apenas a adição de água na obra.

Os sistemas não-tradicionais surgiram na década de 70 como alternativa ao sistema tradicional (CSTB - MAGAZINE, 1982). Estes, segundo o LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1987), apresentam vantagens ao nível de economia de horas de execução, decorrentes do menor número de operações. São executados em camada única, que, em geral é obtida à custa de duas demãos. A primeira demão não deve resultar em espessuras inferiores a 8 mm e a segunda demão destina-se apenas a proporcionar o tipo de acabamento de superfície desejado. A espessura total média situa-se, em geral, entre 10 mm e 15 mm.

Segundo o LNEC (1987), este sistema caracteriza-se por possuir uma única camada e também pela argamassa de revestimento, que é pré-misturada em usinas e pode ter na sua composição, de acordo com a necessidade, aditivos (retentores de água, hidrofugantes, plastificantes,...) e fibras, apesar dos outros materiais constituintes, agregados e ligantes, serem de mesma natureza que num revestimento tradicional.

O CSTB - MAGAZIN (1982) descreve as vantagens do sistema não-tradicional, pela dosagem em usinas da argamassa de revestimento. Estas oferecerem a possibilidade de um controle de qualidade da sua produção, eliminando assim o inconvenientes da produção no canteiro de obra. Além disso, o uso de aditivos, comum nestas argamassas, pode acelerar o processo de execução do revestimento. Com estas vantagens básicas reunidas obtém-se uma execução mais rápida, pois o tempo gasto é função dos aditivos na argamassa e das condições exteriores (atmosféricas). Esta pode ser considerada a maior vantagem sobre o sistema tradicional.

O LNEC (1987) relata que problemas têm surgido na França com os revestimentos não-tradicionais devido sobretudo à sua reduzida espessura - risco de insuficiente impermeabilidade à água - e, em alguns casos, a incompatibilidade de aderência com a base (neste caso com o concreto celular autoclavado). O CSTB - MAGAZIN (1982) cita também o descolamento por má preparação da base, cisalhamento da base e secagem prematura da argamassa por falta de umedecimento.

No Brasil, em função da necessidade de reduzir custos e prazos e a pouca disponibilidade de tecnologias não tradicionais é comum suprimir determinados serviços. Por exemplo, no revestimento de argamassa convencional, muitas vezes elimina-se o chapisco e o reboco, passando-se a utilizar o sistema de camada única. Quanto ao seu desempenho, pode-se dizer que tende a apresentar problemas semelhantes aos já descritos com base no LNEC (1987).

Outro exemplo é o caso específico da substituição da argamassa de revestimento por pintura em suportes de alvenaria de blocos de concreto. A pintura, além de possuir a função aspecto, deveria garantir a estanqueidade da parede, sob pena de gerar a infiltração de

umidade, acarretando inúmeros problemas patológicos que poderão influenciar no bem-estar do usuário (SOUZA & FLAUZINO, 1983).

1.5.2. Critérios para Escolha do Sistema de Revestimento

De acordo com SIEGRIST (1959) um revestimento deve ser projetado desde o ponto de vista do número de camadas e da composição, assim como a técnica de execução, a fim de que reúna, em conjunto, as propriedades exigidas. Satisfazer simultaneamente e perfeitamente todo o conjunto de propriedades pode ser difícil; no entanto deve-se aproximar todo o possível, tendo por base as experiências adquiridas em ensaios realizados.

Considerando-se a concepção de sistema de revestimento adotada neste trabalho, cita-se recomendações para sua escolha:

- a) o BRE (1983) recomenda especificar a espessura requerida, sendo o uso de 3 camadas imprescindível em todos os casos de exposição severa (não incluindo a camada de chapisco). Nestes casos julga-se que a composição da argamassa tem importância juntamente com a espessura do revestimento;
- b) uma única camada, além do chapisco, pode ser usada onde a base é suficientemente alinhada (no prumo) e possua uma sucção uniforme. Uma base inteiramente umedecida pode em muitos casos contribuir para a obtenção de uma sucção uniforme da argamassa. No entanto, a saturação da base pode ocasionar uma cura lenta em climas frios e úmidos. Este sistema está sujeito a fissuras (SAA, 1959);
- c) duas camadas, além do chapisco, devem ser utilizadas sobre bases mal alinhados e com graus diferenciados de sucção, ou onde seja requerida uma superfície livre de fissuras (SAA, 1959).

CAPITULO II - CONDIÇÕES ESPECÍFICAS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DOS REVESTIMENTOS EXTERNOS EM ARGAMASSA CCA.

2.1. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES

Classicamente, as argamassas são definidas pela engenharia como materiais de construção obtidos a partir da mistura, em proporções adequadas, de aglomerante(s), agregado(s) miúdos e água, com ou sem aditivos.

Os constituintes da argamassa possuem as seguintes funções:

- a) os aglomerantes, devido à propriedade de endurecimento através de processos físico-químicos, são os que ligam ou unem entre si as partículas soltas de outros materiais;
- b) o agregado miúdo cumpre a função estrutural, constituindo um material pouco deformável que suporta a troca de volume dos aglomerantes sem que se produzam fissuras. É uma substância estabilizada que desempenha o papel mecânico e reduz o custo da mistura;
- c) a água confere maior ductilidade ou plasticidade à argamassa.

A seguir descreve-se os materiais utilizados na produção das argamassas CCA.

2.1.1. Cimento

O cimento, como um dos aglomerantes das argamassas de revestimento, é responsável por suas propriedades de resistência mecânica. Suas qualidades estão correlacionadas com a resistência mecânica e finura.

De acordo com o CSTB (1982), os cimentos com característica de alta resistência mecânica (classe CP-40) não devem ser utilizados em argamassa de revestimento, pois aumentam o risco de fissuração. Já os cimentos portland com característica de baixa resistência mecânica, proporcionam ao revestimento menor rigidez, o que faz com que este resista melhor às grandes deformações, com considerável redução da ocorrência de fissuras. Desta forma, recomenda-se os cimentos portland da classe CP-32 ou CP-25, por serem os cimentos de menor resistência mecânica fabricados no Brasil. A classe do cimento representa a resistência

mínima a compressão, em MPa, aos 28 dias de corpos de prova padronizados de argamassa de cimento, de acordo com a NBR 7215/1991.

Quanto ao tipo de cimento, de acordo com CINCOTTO (1989), não existe inconveniente, mas sim quanto à finura, "que regulará os níveis de retração por secagem. A retração nas primeiras 24 horas é controlada pela retenção de água que, por sua vez, é proporcional ao teor de finos. Mas, em idades maiores, a retração aumenta com o teor de finos. De modo a contornar o problema, costuma-se utilizar aditivo incorporador de ar às argamassas de cimento, exceção feita à de chapisco. Outra alternativa é adicionar cal hidratada que aumenta o teor de finos, melhorando a retenção de água e a trabalhabilidade do conjunto".

Acrescenta-se ainda, como característica a ser levada em conta no cimento utilizado na produção da argamassa de revestimento, o tempo de início de pega que é contado a partir do lançamento da água de amassamento até o começo da perda da plasticidade, ou seja, quando a massa fica indeformável para pequenas cargas. Esta característica é importante na determinação do tempo para transporte e aplicação da argamassa de revestimento. Logo, um início de pega rápido não é conveniente, pois dificulta a aplicação da argamassa, sendo o ideal um início de pega retardado, seguido de um rápido aumento de resistência.

2.1.2 Cal

O CSTB (1982) prescreve que a cal permite ao revestimento obter diferentes propriedades, tais como plasticidade, compacidade no estado fresco e possibilidade de deformação com pouca fissuração quando endurecida.

Os requisitos importantes das cales utilizadas na produção de revestimento, para que os mesmos tenham as propriedades descritas com base no CSTB (1982), são elevada finura e estabilidade.

A elevada finura da cal que, apresenta-se na ordem de $2\mu\text{m}$, confere a plasticidade e retenção de água às argamassas. Além disto propicia aos revestimentos uma menor suscetibilidade à fissuração devido à retração por secagem nas primeiras idades. A determinação das dimensões das partículas é difícil e as normas atêm-se apenas ao peneiramento, detectando partículas grandes (maiores do que $0,075\text{mm}$, no caso de normas brasileiras) que são indícios de hidratação incompleta e presença de impurezas (TANGO, 1990).

A plasticidade conferida pela cal às argamassas de revestimento, também é função da sua composição. Desta forma, as cales dolomíticas (magnesianas), com partículas pequenas e alongadas conferem maior plasticidade às argamassas (AGOPYAN, 1988).

O fenômeno da retenção de água nas argamassas de revestimento conferido pela cal, devido à pequena dimensão das partículas que atraem a sua volta uma grande quantidade de moléculas de água, é importante para as argamassas aplicadas em suportes com alto poder de sucção, pois evita a retração por secagem nas primeiras idades e permite melhor hidratação do cimento.

2.1.3 Areia

A adição dos agregados às pastas de aglomerante e água visa não apenas reduzir os custos do produto final mas também conferir propriedades especiais que a pasta endurecida não possui. A redução do custo dá-se pela substituição parcial dos aglomerantes pelos agregados; conseqüentemente, tem-se a redução de consumo de cimento ou de cal que são materiais de custo elevado de produção por serem de alto consumo energético. Além disso os agregados contribuem para aumentar a coesão das argamassas e atenuar suas contrações (AGOPYAN, 1988).

As propriedades que, segundo SELMO (1988), determinam as características tecnológicas dos agregados miúdos e sua influência na argamassa de revestimento, são descritas a seguir:

a) *granulometria*

De acordo com o PD 6472 (BSI, 1974) a granulometria da areia é determinante para o tipo de acabamento superficial ou decoração pretendida com o revestimento de argamassa.

As areias são classificadas em grossas, médias ou finas através do módulo de finura. SELMO (1988) propõe para essa classificação (das areias), apesar de não serem normalizados, os seguintes intervalos para o módulo de finura:

$MF > 3,00$ - areia grossa

$3,0 \geq MF \geq 2,00$ - areia média

$MF < 2,00$ - areia fina

Quanto maior o módulo de finura do agregado, maior é a fração de grãos graúdos e mais áspera é a textura que pode conferir aos revestimento de argamassa. As areias grossas são indicadas para chapisco, as médias para emboço e as finas para reboco. A mistura de areia média e fina pode resultar em granulometria própria para massa única.

b) forma da partícula

Ainda de acordo com SELMO (1989), a forma dos grãos é a característica geométrica de maior influência sobre as propriedades das argamassas, sobretudo na capacidade de compactação e trabalhabilidade (DIN 18550 - Part 2; DIN, 1985). Esta característica diz respeito à esfericidade e arredondamento, podendo-se considerar que:

b.1) grãos angulosos dificultam a trabalhabilidade, mas proporcionam superfícies mais ásperas, sendo próprias para chapisco e emboço;

b.2) grãos arredondados, que possuem menor superfície específica e atrito interno que os grãos angulosos, conferem melhor trabalhabilidade e compacidade às argamassas.

c) índice de vazios e superfície específica

O índice de vazios do agregado e a superfície específica dos grãos miúdos são características tecnológicas que se relacionam diretamente com o consumo de aglomerantes e água de amassamento das argamassas. Quanto maior for o valor destas variáveis, maior será o consumo de aglomerantes e água de amassamento e, por conseqüência, maior será a retração na secagem das argamassas. Estas propriedades podem ser determinadas através da distribuição granulométrica, bem como pela forma dos grãos e composição mineralógica.

A partir da tabela 2.1.3-a, SELMO (1988) procura ilustrar, de maneira expedita, a influência da distribuição granulométrica sobre o índice de vazios do agregado miúdo. Nesta, não são avaliadas as influências da forma dos grãos e da composição mineralógica.

d) pureza do agregado

Diversos materiais contidos nos agregados são nocivos às argamassas, pois possuem baixa resistência mecânica ou originam reações químicas indesejáveis com os aglomerantes. Além disso, podem interferir na hidratação do cimento ou carbonatação da cal e reduzir a aderência entre pasta e agregado. Os materiais orgânicos, como ácidos resultantes da decomposição vegetal, interferem na alcalinidade das pastas de cimento, os óleos e os grãos de poluição podem colmatar os grãos dos aglomerantes. Por meio de lavagem simples os constituintes nocivos podem ser eliminados das areias, mas para agregados retirados de rios muito poluídos, pode ser necessário uma limpeza mais cuidadosa (AGOPYAN, 1988).

Tabela 2.1.3-a -Correlação expedita da distribuição granulométrica com o índice de vazios do agregado miúdo (SELMO, 1988).

| CARACTERÍSTICAS | | AREIA Nº | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|----------|------|-------------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|
| Composição Granulométrica | Peneira abertura de malha (mm) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| | | 4,8 | - | 4 | -- | 1 | 1 | 1 | - | - |
| | percent. retida | 2,4 | 15 | 15 | 2 (↓) | 4 (↓) | 2 (↓) | 5 (↓) | 1 (↓) | - |
| | | 1,2 | 16 | 19 | 8 (↓) | 15 | 6 (↓) | 19 | 7 (↓) | - |
| | em peso | 0,6 | 26 | 27 | 34 (↑) | 37 (↑) | 35 (↑) | 51 (↑) | 62 (↑) | - |
| | | 0,3 | 29 | 21 | 35 (↑) | 27 | 40 (↑) | 17 (↓) | 29 | 4 (↓) |
| | | 0,15 | 12 | 12 | 17 (↑) | 13 | 14 | 4 (↓) | 1 (↓) | 60 (↑) |
| | | < 0,15 | 2 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 0 | 46 (↑) |
| Módulo de Finura | | 2,87 | 3,10 | 2,31 | 2,64 | 2,39 | 2,98 | 2,78 | 0,68 | |
| Dimensão Máxima Característica (mm) | | 4,8 | 4,8 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 4,8 | 2,4 | 0,3 | |
| Massa Unitária (Kg/m ³) | | 1700 | 1610 | 1490 | 1500 | 1420 | 1330 | 1310 | 1340 | |
| Massa Específica (Kg/m ³) | | 2610 | 2620 | 2620 | 2650 | 2610 | 2560 | 2550 | 2760 | |
| Volume de Vazios (1/m ³) | | 350 | 390 | 430 | 430 | 460 | 480 | 490 | 510 | |
| Distribuição Granulométrica * | | Contínua | | Descontínua | | | Uniforme | | | |

Observações:

1) As setas indicam variação sensível da percentagem retida, em relação às das amostras 1 e 2, consideradas contínuas, significando:

- (↓) = diminuição;

- (↑) = aumento;

2) O volume de vazios foi calculado através do Índice de vazios, sendo: $I_v = 1 - \gamma/\delta$ e $V_v = I_v$, onde I_v = índice de vazios; γ = massa unitária; δ = massa específica; V_v = volume de vazios; V_a = volume do agregado;

3) Areias procedentes do Estado de São Paulo. Fonte IPT.

* Tendência

e) reação álcali-agregados

A maioria dos agregados podem ter na sua constituição compostos que reagem com o meio alcalino das pastas de cimento e cal. Na verdade, todos os agregados reagem com as pastas até um certo estágio, sendo isto até benéfico para a aderência entre eles. Entretanto, como as reações são lentas, com o passar do tempo podem ocorrer em grande extensão, resultando produtos expansivos, que são prejudiciais ao revestimento. Assim, a fim de evitar tal processo, os agregados devem ser cuidadosamente analisados quanto ao seu poder de reação com o meio alcalino da pasta de cimento e cal (AGOPYAN, 1988).

2.1.4. Água de Amassamento

A água de amassamento de acordo com a ASTM C270 (ASTM, 1989) possui três funções: contribuir para a trabalhabilidade, hidratar o cimento e facilitar a carbonatação da cal.

Deve ser livre de impurezas responsáveis por efeitos deletérios na argamassa. A água do mar ou salobra deve ser evitada por aumentar o risco de eflorescências. Também devem ser excluídas as águas que contêm terra ou substâncias orgânicas em suspensão

(PIANCA, 1967). Quanto à temperatura, de acordo com CICIHA (1978), a faixa ideal varia de 18°C a 22°C, pois a temperaturas altas, acima de 30°C, ocorre a aceleração da pega e, a temperaturas baixas, abaixo de 3°C, verifica-se o retardamento da pega e até o congelamento da argamassa.

A água para beber (potável) é considerada conveniente para amassamento da argamassa de revestimento. Águas de outras fontes podem ser consideradas convenientes somente se não contiveram qualquer elemento que provoque efeitos adversos às propriedades das argamassas de revestimento (BS 5262; BSI, 1976).

2.1.5. Aditivos

Os aditivos funcionam como agentes incorporadores de ar, retentores de água (que são agentes de trabalhabilidade) e aceleradores ou retardadores de pega (ASTM C270; ASTM, 1989). Podem ainda ser considerados como aditivos os pigmentos, agentes fixadores (cuja finalidade é melhorar aderência) impermeabilizantes e anticongelantes. Algumas precauções fazem-se necessárias para que o uso dos aditivos seja feito com segurança, sem causar efeitos adversos nas argamassas de cimento e areia.

A NBR 7200 (INMETRO, 1982), recomenda que devem ser usados aditivos que comprovadamente não exerçam nenhuma influência nociva sobre o revestimento, nem sobre pinturas e outros materiais de acabamento. Em caso de dúvida, devem ser feitos os ensaios prévios do comportamento dos aditivos com os aglomerantes e agregados.

A BS 4887 (BSI, 1986) especifica as qualidades requeridas para os aditivos de acordo com a finalidade da argamassa. Assim, por exemplo, aditivos retentores de água, devem ser usados quando for prevista uma alta sucção da água de amassamento por parte da base e aditivos retardadores de pega serão adequados à argamassas que permanecerem intactas por um período relativamente longo da sua aplicação.

Segundo a ASTM C270 (ASTM, 1989), os aditivos ditos substitutivos da cal devem proporcionar maior trabalhabilidade (fluidez, coesão e retenção de água) às argamassas de cimento. No entanto frisa que o uso não controlado destes aditivos é prejudicial pois, com o aumento da dosagem, diminuem a resistência mecânica e a aderência. Aditivos incorporadores de ar têm benefícios específicos, de acordo com o estado da argamassa. No estado fresco, a vantagem está na produção de argamassa em climas frios, em que a água de amassamento deve ser reduzida para evitar o congelamento. A incorporação de ar possibilita a utilização de menor quantidade de água pois as bolhas de ar incorporado substituem a água, funcionando como lubrificante, sem prejuízo da trabalhabilidade (BEALL, 1991). No estado endurecido, a vantagem está na redução do coeficiente de capilaridade (CSTB, 1988).

A coloração de uma argamassa pode ser adquirida através de agregados especiais ou pigmentos inorgânicos (óxidos) (ASTM C270; ASTM, 1989). A BS 5262 (BSI, 1976) recomenda como essencial aos pigmentos a estabilidade química, não ser afetado pela cal ou pela exposição à luz, ser de difícil lixiviação pela água incidente e não apresentar qualquer reação adversa com o cimento ou outro constituinte da argamassa.

Os aditivos aceleradores de pega beneficiam as argamassas, reduzindo a relação água/cimento e fazendo com que a resistência final seja atingida em menor tempo. Verifica-se sua utilização principalmente em climas frios. Os ingredientes principais são cloreto de cálcio, nitrito e nitrato de cálcio. Precauções devem ser tomadas com íons cloretos, pois estes contribuem para o aparecimento de eflorescência e provocam a corrosão dos metais em contato com a argamassa (BEALL, 1991).

Os aditivos retardadores de pega estendem o tempo de permanência da argamassa no estado fresco por um período de 4 a 5 horas (pode variar conforme fabricante e a dosagem). O princípio é a retenção da água de amassamento, eliminando a colocação de nova quantidade de água, o suficiente para recuperar a trabalhabilidade perdida por evaporação da água de amassamento (TANGO, 1990). Ajuda a controlar a retração, possibilitando o uso de argamassas mais ricas em cimento, devido à diminuição do risco de fissuramento, além de aumentar sua resistência. O seu uso faz-se necessário em argamassas aplicadas sob condições de clima quente e alta evaporação causada por vento, ou sobre suportes com alto poder de sucção, pois evita a perda rápida da água de amassamento, proporcionando desta forma melhor aderência à base (BEALL, 1991).

Os aditivos fixadores devem ser utilizados em superfícies lisas e densas, com baixo poder de sucção. Os ingrediente básicos destes aditivos são polímeros, como acetato de polivinila e polietileno-butadieno.

Podemos citar ainda como aditivos importantes para argamassas os hidrofugantes que reduzem a absorção de água da argamassa endurecida, sem causar decréscimo de suas características de resistência, e os inibidores de corrosão, que servem para proteger algum elemento metálico sujeito ao contato com cloretos ou um meio agressivo, (poluição atmosférica). A precaução com sua dosagem está relacionada à aceleração do tempo de pega.

2.1.6. Reforços

A fim de evitar fissuras e melhorar a aderência da argamassa de revestimento à base pode-se estruturar o revestimento através de um base em tela metálica (DTU N° 27.1; CSTB, 1989).

O uso desta tela é necessário quando a natureza da base for de madeira, estrutura metálica, alvenaria com rugosidade insuficiente para uma boa aderência, superfície de alvenaria em desintegração, e também nos casos em que a argamassa será aplicada ligando elementos de naturezas diferentes, como alvenarias em tijolos cerâmicos e estruturas de concreto por exemplo (CSTB, 1982).

A armação deve ficar bem esticada, pois do contrário, poderia provocar fissuras no revestimento. A fixação mecânica deste elemento é obtida através de colchetes ou pregos, em pontos espaçados entre si por 15 a 30cm. Este espaçamento varia com a natureza da base e a rigidez da armação.

2.1.7. Misturas Preparadas

Pode-se dizer que o uso das misturas preparadas para argamassas justifica-se por dois motivos: "o controle laboratorial sobre a qualidade da matéria prima, por exemplo, quanto à expansão da cal, o tempo de pega e cura do cimento, a granulometria dos agregados, a resistência à compressão e ao arrancamento das argamassas" e o fato de que "no canteiro de obras, normalmente não há condições para o preparo destas argamassas e para o controle de sua qualidade"(CASTRO, 1985).

As misturas preparadas podem ser apresentadas de duas maneiras: como uma mistura semi-pronta para argamassa, que é a mistura fornecida ensacada ou a granel, cujo preparo é completado em obra por adição de aglomerante (s) e/ou aditivo (s) e água; e argamassa semi-pronta, que é a mistura pronta e homogeneizada fornecida ensacada ou a granel, cujo preparo é completado em obra por adição de água.

Na construção brasileira tem-se como tradição para a mistura semi-pronta a combinação da cal hidratada, areia e água. Esta mistura pode ser feita em usinas ou no canteiro-de-obra.

Após o preparo, a mistura deve ser estocada em local limpo, sobre superfície impermeável, coberta com plástico ou lona para proteger da chuva e da evaporação excessiva da água. Um prolongado período de estocagem antes do uso pode provocar a carbonatação na superfície do amontoado (PD 6472; BSI, 1974), devendo esta camada ser removida antes da utilização.

De acordo com CASTRO (1985), as argamassas semi-prontas ou industrializadas são apresentadas como hidrófugas, coloridas, adesivas e especiais:

- a) as argamassas hidrófugas são industrializadas para um grande número de finalidades. Algumas são aplicáveis diretamente em alvenaria de blocos de concreto e outras são indicadas para aplicação como emboço;

- b) as argamassas coloridas são as mesmas hidrófugas, porém já fornecidas em cores para dar acabamento final e decorativo;
- c) as argamassas adesivas são argamassas de cimento e areia, compostas com aditivos que conferem uma capacidade adesiva que oscila entre 0,5 - 0,2 MPa, dependendo de sua finalidade;
- d) as argamassas especiais são indicadas para calafetação de concreto aparente para o preenchimento de falhas.

Além destas argamassas outras são industrializadas para servirem como base para os mais diversos tipos de pintura. Para tintas sensíveis à alcalinidade empregam-se neutralizantes, por exemplo, neutrol para tintas epóxi. Dependendo do tipo de material empregado na pintura necessita-se de argamassas de maior ou menor resistência mecânica.

2.2. REQUISITOS DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO

As argamassas de revestimento devem apresentar no estado fresco uma conjugação de propriedades que confirmem trabalhabilidade e facilitem sua aplicação.

De acordo com SELMO (1989), tem-se uma argamassa de revestimento de boa trabalhabilidade com o uso de agregados que apresentem forma dos grãos e granulometria apropriadas, cimento, incorporador de ar e plastificante. Atenção especial deve ser dada à correta dosagem dos aditivos, que devem ser adicionados durante o processo de mistura (manual ou mecânico). Todos estes elementos são importantes para a trabalhabilidade, e a falta de um deles fará com que o pedreiro use de artifício impróprio para tornar a argamassa trabalhável. Normalmente o traço é adulterado (adição de mais água ou de cimento), obtendo como resultado uma argamassa endurecida de mau desempenho.

Segundo a mesma autora, o conceito de trabalhabilidade pode ser discutido do ponto de vista prático e em termos tecnológicos. Do ponto de vista prático, diz-se que uma argamassa de revestimento tem boa trabalhabilidade quando se deixa penetrar com facilidade pela colher de pedreiro, sem ser fluida; mantém-se coesa, sem aderir à colher ao ser transportada para a desempenadeira e lançada contra a base, e permanece úmida o suficiente para ser espalhada, cortada (na operação de sarrafeamento) e ainda receber o tratamento superficial previsto.

Em termos tecnológicos a trabalhabilidade das argamassas é uma propriedade complexa resultante da conjugação de diversas outras propriedades, tais como: consistência,

plasticidade, retenção e exsudação de água, coesão interna, tixotropia, adesão inicial, massa específica e retenção de consistência.

Com base na ASTM C 270 (ASTM, 1989), SELMO (1989), e MEDEIROS (1988), considerou-se que, dentre as diversas propriedades tecnológicas, as principais para se determinar a trabalhabilidade requerida às argamassas de revestimento são consistência e plasticidade, adesão inicial e retenção de água.

a) consistência e plasticidade

Segundo SELMO (1989), consistência e plasticidade parecem ser as principais propriedades que determinam a trabalhabilidade das argamassas. Em função disto, o termo trabalhabilidade é, usualmente, utilizado como sinônimo destas propriedades.

A consistência é a propriedade da argamassa de resistir às deformações que lhe são impostas, decrescendo conforme seja seca, plástica ou fluida. Nas argamassas de consistência plástica e fluida é comum manifestar-se a exsudação de água, que também interfere na trabalhabilidade, exigindo remisturas frequentes para a homogeneização do material e podendo ainda prejudicar a capacidade de adesão da argamassa (SELMO, 1989).

Define-se plasticidade como a propriedade que permite à argamassa deformar-se sem ruptura, sob a ação de forças superiores às que promovem a sua estabilidade, mantendo a deformação após cessado o esforço deformante. O teor de ar, a natureza e o teor dos aglomerantes, bem como a intensidade da mistura da argamassa, influem na plasticidade das argamassas (SELMO, 1989).

b) adesão inicial

Espera-se que no instante da aplicação da argamassa fresca contra a base ocorra a adesão inicial. Segundo SELMO (1989), esta ocorre pela baixa tensão superficial da pasta, que propicia a sua adesão física à base, assim como aos próprios grãos do agregado e, ainda, através da ancoragem mecânica da pasta de argamassa nos poros e irregularidades da base. Este último mecanismo ocorre porque parte da água de amassamento, que contém os aglomerantes em dissolução, é succionada pelos poros da base. No interior destes, ocorre a precipitação de silicatos e hidróxidos e seu endurecimento progressivo, gerando encunhamento do revestimento dentro na base.

c) retenção de água

A fim de permitir o correto espalhamento, sarrafeamento e acabamento dos revestimentos, as argamassas devem apresentar poder de retenção de água (MEDEIROS,

1988). Além disso, as argamassas com elevada retenção de água resultam em resistência e extensão de aderência satisfatórias (SELMO, 1989).

De acordo com a ASTM C 270 (ASTM, 1989), o poder de retenção de água pode ser influenciado pelas condições climáticas existentes no momento da aplicação e pelo poder de absorção da base. Assim, uma argamassa com alto poder de retenção de água é ideal para uso em climas quentes, secos ou com muito vento ou em bases com alto poder de sucção.

2.3. DOSAGEM E MISTURA DA ARGAMASSA DE CCA

2.3.1 Importância da Especificação da Dosagem

O BRE (1983) enfatiza que o traço de argamassa deve ser especificado tendo-se em vista sua eficácia em resistir aos esforços aos quais o revestimento será solicitado.

CINCOTTO (1988) cita como uma das causas de patologias em revestimentos o uso de argamassa em proporções inadequadas à função à que foram destinadas. Um exemplo é a falta de plasticidade, corrigida com excesso de água, aumentando a porosidade e conseqüentemente a permeabilidade do revestimento (TANGO, 1990), desencadeando uma série de patologias no mesmo.

Os aglomerantes, mais especificamente o cimento, apesar de responsáveis pela resistência mecânica das argamassas, não devem ser utilizados em excesso, pois sujeitam as mesmas a elevadas retrações, aumentando os riscos de fissuramento. Por outro lado, traços demasiadamente pobres em aglomerantes, geram argamassas de escassa coesão, baixa trabalhabilidade e que se desintegram facilmente no seu estado endurecido. A Tabela 2.3.1-a sintetiza os traços das argamassas de cimento, cal e areia recomendados para revestimentos externos.

SELMO (1989) conclui, a partir dos dados da mesma tabela que, para bases de mesma natureza ou condições de exposição equivalentes, os traços de todas as normas consideradas são semelhantes com relação ao parâmetro de dosagem agregado úmido/aglomerante que, varia em torno de 3, podendo chegar a 4 e 5, em alguns casos, nas normas americana e alemã.

Tabela 2.3.1-a - Traços de argamassas de cimento Portland e cal para revestimentos externos, recomendados pelas normas brasileira, inglesa, americana, francesa e alemã (SELMO, 1989)

| NORMA | CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO | NATUREZA DA BASE MINERAL | ARGAMASSA | | | | Relação agreg./ aglomerante | | | |
|---|--|---|---------------|--|---------------|--------------|-----------------------------|----------|-------|-------|
| | | | Camada | Proporção recom. (vol) | | | | | | |
| | | | | Cimento | Cal Hidratada | Agreg. Úmido | | | | |
| NBR 7200 (INMETRO 1982) | Revest. de paredes acima dos alicerces (em clima desfavorável, sobre a base de concreto celular o revestimento deve ser hidrófugo) | Alvenarias absorventes ou com superfície áspera, concr. não vibrado | Emboço | 1 | 2 | 9 a 11 | 3 a 3,7 | | | |
| | | | Reboco | 1 | 2 | 9 a 11 | | | | |
| | Revest. de soco e paredes abaixo da superfície do terreno | Alvenarias pouco absorventes e lisas, concr. comum vibrado | Emboço | 1 | 2 | 9 a 11 | 3 a 3,7 | | | |
| | | | Reboco | 1 | 2 | 9 a 11 | | | | |
| BS 5262 (BSI, 1976) | Fachadas sob qualquer condição de exposição | Acabamento liso, rugoso ou ranhurado | Qualquer tipo | Emboço | 1 | 1 | 5 a 6 | 2,5 a 3 | | |
| | | | | Reboco | 1 | 1 | 5 a 6 | | | |
| | Fachadas com condição de exposição moderada ou amena, qquer. acab. | Acabamento rústico | Qualquer tipo | Emboço | 1 | 0,5 | 4 a 4,5 | 2,7 a 3 | | |
| | | | | Reboco | 1 | 0,5 | 4 a 4,5 | | | |
| ASTM C926/86 (ASTM, 1987) | - | De baixa absorção | Emboço | 1 | 0,75 | 7 | 4 | | | |
| | | | Reboco | 1 | 2 | 9 | | | | |
| | - | De alta absorção | Emboço | 1 | 0,75 | 7 | 4 | | | |
| | | | Reboco | 1 | 2 | 9 | | | | |
| | - | Qualquer tipo, exceto concreto celular (chapisco é obrigatório) | Emboço | 1 | 1 | 4 a 5 | 2 a 2,5 | | | |
| | | | Reboco | 1 | 1,5 | 5 a 7 | | | | |
| DTU n. 26.1 (CSTB, 1978) | - | Concreto celular auto-clavado (chap.+fraco) | Emboço | 0,1 | 1 | 2,6 | 2,4 | | | |
| | | | Reboco | 0,1 | 0,8 | 2,6 | | | | |
| | Revestimento de paredes abaixo da superfície do terreno | Qualquer tipo (com chapisco de mesmo traço) | Emboço | 1 | 0 | 3 | 3 | | | |
| DIN 18550 Parte 1 e Parte 2 (DIN, 1985) | Solicitação intensa à chuva (necessário uso de aditivo hidrófugo) | Alvenarias, concreto, exceto de soco ou paredes enterradas | Emboço | 1 | 1,5 a 2 | 9 a 11 | 3 a 4,4 | | | |
| | | | Reboco | 1 | 1,5 a 2 | 9 a 11 | | | | |
| | | | Emboço | 1 | 1,5 a 2 | 9 a 11 | | 3 a 4,5 | | |
| | | | Reboco | 0 | 1 | 3 a 4,5 | | | | |
| | Solicitação moderada à chuva | Alvenarias, concreto, menos socos ou paredes enterradas | Emboço | Mesmos traços indicados para fachadas de solicitação intensa à chuva, exceto que não é necessário o uso de aditivo. Admite também o uso de emboço e reboco à base de cal e areia (1:3 a 1:4,5) | | | | | | |
| | | | Reboco | | | | | | | |
| | Pouca solicitação à chuva | Alvenarias, concreto (emboço alternativo) | Emboço | | | | | | | |
| | | | Reboco | | | | | | | |
| Revestimento de soco | Alvenarias, concreto (emboço é alternativo) | Emboço | 1 | | | | | 0 a 0,25 | 3 a 4 | 3 a 4 |
| | | Reboco | 1 | | | | | 0 a 0,25 | 3 a 4 | |
| Revestimento de paredes abaixo da superfície do terreno | Alvenarias, concreto | Emboço | - | | | | | - | - | 3 a 4 |
| | | Reboco | 1 | | | | | 0 a 0,25 | 3 a 4 | |

Com relação à quantidade de água necessária para a argamassa, a ASTM C270 (ASTM, 1989) frisa que a quantidade deve ser o suficiente para manter uma boa

trabalhabilidade e comenta que uma baixa relação água/cimento, ideal para o concreto, não é válida para as argamassas.

De acordo com a NTE (1989), para a adição de água de amassamento deve-se levar em consideração a umidade da areia, que em geral representa 3% do peso da mesma, podendo oscilar, porém, entre 12 e 20% no caso de areia fina. Segundo CICIHA (1978), a quantidade de água varia, ainda, segundo o clima do local onde será empregada a argamassa e segundo a função a que se destina a mesma.

2.3.2. Controle da Produção da Argamassa CCA

O controle da produção de argamassa é instrumento para racionalização do processo. Este controle é favorecido na medida que se conhece onde, quando e como será aplicada a argamassa. A pergunta "onde?" está relacionada às características do local referentes a clima, topografia e construções vizinhas. A pergunta "quando?" refere-se especificamente à estação do ano (temperatura, umidade e ventos). E a pergunta "como?" está relacionada ao rendimento do pedreiro.

A quantidade produzida deve estar de acordo com a área a ser revestida, para isto as áreas devem ser antecipadamente marcadas, e a capacidade média de produção do pedreiro seja conhecida (m^2/h), levando-se em conta se a alvenaria a revestir apresenta extensos planos sem interrupções ou detalhes arquitetônicos.

As argamassas devem ser adequadamente homogeneizadas por meio de amassamento manual ou mecânico. O amassamento manual é empregado geralmente quando se produzem pequenos volumes em obras de pouca importância, ou então quando as condições locais não permitem o uso das máquinas (ARGAMASSA, 1983). A BS 5262 (BSI, 1976) enfatiza que é preferível a mistura mecânica, mas, caso este seja manual, recomenda que a argamassa seja preparada numa caixa impermeável, que deve ser limpa ao final de cada mistura. Ao contrário do processo manual, o processo mecânico é utilizado em grande escala por ser mais rápido e econômico, e a argamassa fica mais homogênea (PIANCA, 1967).

O tempo de mistura dos materiais deve ser o necessário para a argamassa adquirir consistência e coloração uniformes (ASTM C946; ASTM, 1984), podendo durar de 3 a 5 min após a adição de todos os materiais, em misturas mecânicas (ASTM C926; ASTM, 1990). Quando da utilização de algum aditivo incorporador de ar, o tempo deve ser melhor controlado, pois, sendo excessivo pode aumentar ainda mais a incorporação de ar (PD 6472; BSI, 1974).

Durante o período de espera entre a produção e a aplicação pode ser necessário o retempero, o que pode ocorrer devido à evaporação da água de amassamento. Diante desta

situação, faz-se a seguinte recomendação: "quando a pega ainda não ocorreu numa argamassa é tolerado o expediente de retempero (colocação de nova quantidade de água perdida por evaporação, suficiente para recuperar a trabalhabilidade). O problema é saber se a perda da trabalhabilidade ocorreu por evaporação ou por início de pega. O retempero é permitido dentro de um prazo da ordem de metade do tempo para início da pega do cimento a temperaturas inferiores a 25°C. Quando a temperatura for elevada (acima de 25°C) o retempero deve ser restrito a 1/4 do tempo de início de pega do cimento (TANGO, 1990). A observação destes tempos é importante no sentido de evitar rompimento de ligações em formação ou já formadas entre os constituintes da argamassa (ASTM, 1984).

2.4. PREPARAÇÃO DA BASE DO REVESTIMENTO

2.4.1. Procedimentos Gerais de Preparação

A preparação adequada de uma base, seja qual for a sua natureza, é importante no desempenho das funções básicas de um revestimento. Esta preparação compreende basicamente as seguintes atividades:

a) limpeza da superfície

Deve-se lavá-la, deixando-a completamente isenta de pó, graxa, eflorescências e matéria orgânica (fungos, algas). Neste último caso, a BS 5262 (BSI, 1976) recomenda que a superfície seja lavada com ácido diluído (1:10). No Brasil costuma-se utilizar o ácido muriático para este serviço.

b) umedecimento da base

O grau de umedecimento requerido depende da natureza da base, do método de aplicação, do traço utilizado e das condições climáticas. O umedecimento deve ser executado com controle, de maneira que não seja demasiadamente molhada uma base que possua baixa capacidade de sucção, acarretando à argamassa uma baixa aderência e afetando outras propriedades. No caso de bases com sucção elevada, o excesso de água incorporado à base podem resultar em movimentos de retração ou o desenvolvimento de eflorescências e de matéria orgânica (fungos, algas,...) (BS 5262; BSI, 1976).

c) composição da base

Quando a base for composta por diferentes materiais, recomenda-se o uso de tela metálica nas juntas entre os mesmos (DIN 18550 - Part2; DIN, 1985). Desta forma, cria-se uma zona de revestimento mais resistente, que, naqueles pontos, poderá estar sujeito à movimentações diferenciais.

2.4.2. Procedimentos Específicos de Preparação

Após discutir alguns procedimentos gerais de preparação para qualquer tipo de base, recomenda-se os procedimentos específicos de preparação de bases mais evidentes na construção brasileira.

2.4.2.1. Concreto

A densidade, a textura da superfície e a capacidade de sucção do concreto podem variar. No caso de ser um concreto denso, liso e de baixa capacidade de sucção, torna-se necessário o emprego de artifícios para possibilitar uma boa aderência;

O concreto pode ser preparado para receber um subsequente revestimento em dois momentos, um quando é moldado e a forma removida em tempo hábil; outro, quando o concreto já se apresenta endurecido (BS 5262; BSI, 1976)

Na preparação do concreto fresco empregam-se técnicas para criar rugosidade e melhorar a aderência. Cita-se a técnica da "criação de dentes", que pode ser feita através da utilização de uma forma irregular, ou que possua uma armação metálica encunhada na sua superfície interna. Neste último caso, a concretagem é executada normalmente e o resultado é observado na desforma, quando parte da nata de cobrimento é separada da massa do concreto, por ficar aderida à armação de metal encunhada na forma.

Para a preparação de uma base de concreto já existente, recomenda-se as seguintes técnicas (BSI, 1976):

- a) picoteamento mecânico ou manual: o efeito é observado com profundidades superiores a 3mm, de maneira que haja a exposição do agregado. Após o picoteamento a superfície deve ser lavada e escovada, eliminando pequenas partículas soltas;
- b) tratamento com chapisco: se o concreto apresenta um pequeno grau de sucção, uma argamassa de cimento, areia e água é suficiente para proporcionar rugosidade e conseqüente aderência. No caso do poder de sucção do concreto ser desprezível, é recomendado o uso de argamassa de cimento, areia e água com adição de uma resina adesiva, seguindo a especificação do fabricante. Para ambos os casos, a BSI (1976) recomenda uma aplicação enérgica e cuidados com o processo de cura, a fim de garantir a completa hidratação do cimento.

Numa superfície de concreto já anteriormente revestida é recomendada uma inspeção minuciosa para verificação do alinhamento, da textura superficial e da absorção característica. Para isto é necessário que todo o revestimento antigo seja removido e, só então,

será possível determinar o procedimento de preparação a ser utilizado, com base no item anterior (preparação no concreto já existente).

2.4.2.2. *Paredes de Alvenaria*

Como regra geral para preparação de base em alvenaria de qualquer natureza, deve-se observar a contribuição das características físicas do mesmo, rugosidade e capacidade de sucção, para a aderência. Assim, prescreve-se que, quando a textura for rugosa ou áspera, está assegurada a aderência do revestimento. A taxa de sucção pode ser determinada através do teste de pulverização da base com água limpa, observando-se o comportamento do mesmo quanto ao seu umedecimento. Se a base umedecer, haverá uma contribuição de sua capacidade de sucção para a aderência do revestimento (PCA, 1975).

Com base na BS 5262 (BSI, 1976) fazem-se as seguintes recomendações, exclusivas para alvenaria de material cerâmico:

- a) para assegurar a aderência, sem a utilização de uma camada específica como o chapisco ou tela metálica, sugere-se que, durante a execução da alvenaria, as juntas de assentamento sejam cuidadas de modo a apresentarem profundidade não inferiores à 13mm;
- b) na presença de eflorescências, a superfície deve ser escovada a seco, com o objetivo de eliminá-las;
- c) em alvenarias que apresentem desintegração superficial, deve ser utilizada uma armação metálica para assegurar melhor aderência mecânica;

Para as alvenarias de material sílico calcário ou concreto, a BS 5262 (BSI, 1976) prescreve que a textura superficial das peças (tijolos ou blocos) é suficiente para a garantia da aderência. Acrescenta, ainda, que a diferença de sucção entre a alvenaria de concreto e a argamassa de assentamento das juntas pode causar manchas fortes sobre estas últimas. Isto ocorre mais provavelmente em paredes revestidas logo após sua execução, ou em alvenarias constituídas com blocos de concreto que permaneceram armazenados por muito tempo absorvendo umidade (PCA, 1980).

As alvenarias com irregularidades e reentrâncias acima de 30mm, causadas pelo uso de peças lascadas (tijolos e blocos) e por juntas mal colmatadas, devem ser corrigidas, pois, apesar de contribuírem para a aderência da argamassa, devido à grande rugosidade, podem dificultar a definição das referências do plano de revestimento (este procedimento é discutido no item 2.5.1.2). Assim, quando for necessário um enchimento com espessura compreendida entre 30 e 50mm, para a obtenção do plano de revestimento, deve-se proceder à

aplicação, com a mesma argamassa de revestimento, em pelo menos duas etapas. Para enchimentos com espessuras superiores a 50mm, torna-se necessário o encasque que, segundo CARICCHIO (1957), é a operação de enchimento das depressões com fragmentos de material análogo ao da alvenaria, utilizando-se argamassa muito rica em cimento (proporção 1:2 em massa, por exemplo), dependendo o resultado final da habilidade dos operários.

Como procedimento básico para o serviço de enchimento em duas etapas, com argamassa ou encasque, recomenda-se que a primeira camada deva secar por um período não inferior a 24 horas e, que seja levemente umedecida quando da aplicação da segunda camada. Esta por sua vez deverá perfazer a espessura restante necessária para a obtenção do plano de revestimento (EPUSP, 1988).

CINCOTTO (1988) alerta que as propostas para correção de defeitos na base podem comprometer o desempenho da aderência do revestimento, devido à elevada espessura adquirida ou pelo uso de traços ricos em cimento, que não permitirão ao revestimento acompanhar os movimentos da base.

2.4.2.3. Base de Madeira ou Metal

As bases de madeira ou de metal são de uso raro na construção brasileira, mas quando ocorrem, exigem armação para garantia da ancoragem do revestimento. A BS 5262 (1976) recomenda a aplicação de três camadas nestes casos, porém não menciona a utilização de uma camada impermeável sob a armação, conforme mencionado no PCA (1980). A primeira camada é constituída por chapisco, seguida de emboço e reboco, como em um sistema de revestimento tradicional. Alerta ainda, que o tempo de cura entre camadas deve ser cuidadosamente observado para assegurar uma boa hidratação do cimento. Diferentemente da BS (1976), o BRE (1983) recomenda a especificação da técnica para melhorar a aderência do revestimento à base e a descrição de todas as camadas deste, inclusive, o papel impermeável, caso seja utilizado.

2.5. PROCEDIMENTO DE EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO

2.5.1. Descrição dos Procedimentos Básicos para Execução do Revestimento

A aplicação da argamassa de revestimento pode ser manual ou mecânica. No Brasil a técnica tradicional de aplicação do revestimento é a manual, raramente sendo adotados equipamentos para este serviço em obra.

Independentemente da técnica de aplicação, a argamassa deve ser aplicada com força suficiente para que desenvolva uma aderência completa à base, além de garantir que a espessura determinada em projeto seja obtida (DIN Part2-18550; DIN, 1985). Dentre estes

dois fatores importantes, maior ênfase deve ser dada à obtenção de uma boa aderência, pois CINCOTTO (1988) afirma que "independente do número de camadas de argamassa aplicados ou da qualidade dos materiais empregados, é essencial que existam condições de aderência do revestimento à base".

2.5.1.1. *Execução da Camada de Preparação da Base*

A execução desta camada é necessária quando por meios naturais não é possível a aderência da argamassa à base. Os meios naturais são a ancoragem mecânica, que ocorre devido à rugosidade da base, e à sucção do leite de aglomerante.

A camada de aderência, normalmente utilizada nas edificações é constituída de uma argamassa de chapisco.

Para a aplicação do chapisco a base deve estar limpa e umedecida. No caso do uso de emulsão com PVA este umedecimento é dispensável (BS 5262; BSI, 1976). A argamassa de chapisco deve ser lançada vigorosamente sobre a base, manualmente ou, de preferência, por projeção mecânica. O mesmo não constitui camada de espessura uniforme, podendo a base ser visível em alguns locais. Deve-se garantir que cerca de 95% da área da base fique coberta. A espessura desta subcamada varia de 3 a 5mm (BSI, 1976).

A fim de prevenir a perda rápida da umidade com insuficiente hidratação da argamassa de chapisco, esta deve ser umedecida periodicamente, propiciando uma secagem lenta. Deve-se assegurar, entretanto, que endureça antes da aplicação da camada seguinte (BSI, 1976). A recomendação para o tempo de espera é de 3 a 7 dias dependendo das condições atmosféricas (CSTB, 1982).

2.5.1.2. *Definição de Referências do Plano de Revestimento*

A espessura total requerida para revestir uma fachada é definida através da prumada e planeza da base. Portanto, antes de iniciar o revestimento de qualquer base, deve-se estabelecer ou criar referência para a definição do plano a ser obtido.

Para auxiliar no processo de definição do plano de revestimento, são feitas as locações de taliscas e mestras (as "mestras" também podem ser chamadas de "guias").

As mestras, sendo faixas estreitas e contínuas de revestimento previamente executadas, têm a função de auxiliar a operação de sarrafeamento da massa única ou de emboço (DOC1.F; EPUSP, 1988). Assim, recomenda-se que esta operação seja executada por uma equipe especializada, a ser mantida nesta tarefa do início ao término dos serviços de revestimento, pois a repetitividade do serviço leva à correção das falhas de uma operação (CARICCHIO, 1957). A figura 2.5.1.2-a ilustra as etapas deste procedimento.

Para a definição de referências do plano de revestimento sobre bases curvas, inclinadas ou que formem ângulos não ortogonais aos planos contíguos, as prescrições não diferem, em sua essência, daquelas já citadas, visto que em geral sempre há pelo menos dois planos contíguos ortogonais. De qualquer forma, é necessário um estudo do projeto arquitetônico considerado para o estabelecimento de procedimentos específicos, caso necessário (DOC1.F EP/EN; EPUSP, 1988)

Quanto ao número de referências, devem ser estabelecidas tantas quantas se julgarem necessárias. Alerta-se apenas o afastamento máximo entre as mesmas, em função da facilidade que o pedreiro necessita para o manejo da régua usada na regularização do revestimento. Como regra geral, sugere-se que este espaçamento varie de 1,5 a 2,5m (CARICCHIO, 1957).

FIGURA 1
Detalhe de talisca assentada sobre a parede

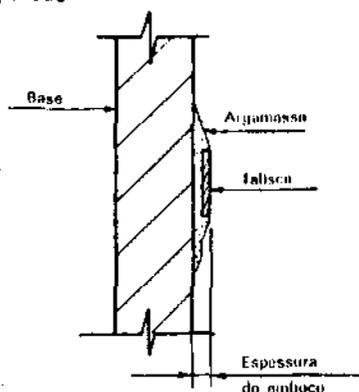


FIGURA 2
Detalhe da disposição das taliscas na parede

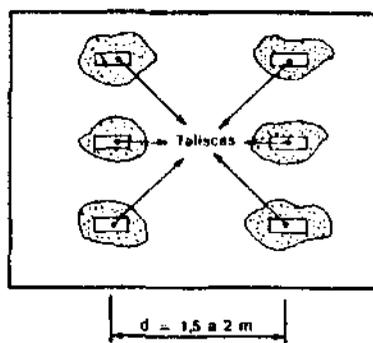


FIGURA 3
Talisca de madeiras não removidas

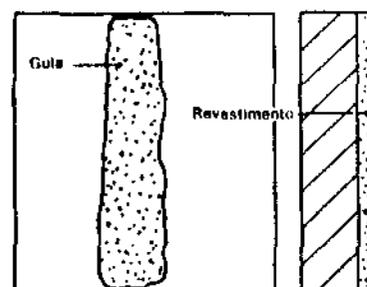


FIGURA 4
Talisca removida e espaço preenchido com argamassa

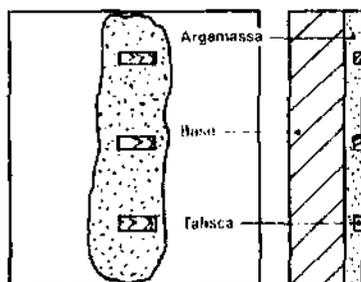


FIGURA 5
Detalhe da disposição das guias na parede e do desempenamento com régua

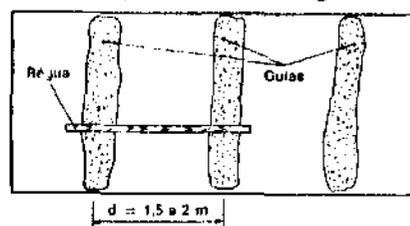


Figura 2.5.1.2-a - Detalhes do procedimento de assentamento e disposição das taliscas e das mestras (no desenho está com o nome "guia") na parede (ARGAMASSA, 1983).

De acordo com DOC1.F EP/EN (EPUSP, 1988) as mestras podem ser executadas em dois tempos. No caso de revestimento tipo massa única, a mestra é a etapa imediatamente precedente ou seja, é aplicada concomitantemente com a execução do restante do revestimento. Na execução de um emboço as mestras são confeccionadas com antecedência à execução daquele.

A aplicação da argamassa para execução da mestra é semelhante ao restante do revestimento (emboço), de maneira que, uma vez aplicada a argamassa, o nivelamento ou prumo de uma mestra é feito cortando-se o revestimento fresco, com a régua apoiada nas taliscas de referência. Preenchem-se eventuais depressões restantes e depois, se preciso, executa-se novo corte com a régua, para o nivelamento ou prumo final da mestra considerada (EPUSP, 1988).

2.5.1.3. Execução do Corpo do Revestimento

Convencionalmente esta camada é chamada de emboço ou reboco grosso. A denominação de "corpo do revestimento" vem do CSTB (1982) devido a sua grande importância, pois protege a subcamada contra fissuração e constitui-se numa base regular e uniformemente absorvente para a camada final.

Constitui-se numa camada de aproximadamente 15 a 20mm de espessura. A partir de 15mm recomenda-se que a aplicação seja executada em camadas sucessivas (SIEGRIST, 1959), observando o tempo de espera para que a camada aplicada desenvolva resistência mecânica suficiente e possa receber a próxima camada.

A aplicação desta camada está sintetizada nos seguintes procedimentos:

- a) verificação das condições da subcamada a fim de proporcionar boa aderência (PCA, 1980);
- b) após a aplicação e secagem das mestras, retiram-se as taliscas e são emboçados os espaços entre aquelas, já na referência de nível em que deve ficar o emboço (CARDÃO, 1969);
- c) proceder ao sarrafeamento, que proporciona um paramento regularizado e bastante áspero, de modo a facilitar a aderência da camada seguinte (CARDÃO, 1969).

O sarrafeamento é uma das partes mais importantes deste processo de execução, pois deve ser realizado após uma perda de umidade suficiente pelo emboço, porém antes de ter iniciado o tempo de pega. Este intervalo é bastante crítico, visto, que dependendo do grau de enrijecimento da argamassa, o sarrafeamento poderá causar fissuras por retração (PCA, 1980). Pode-se dizer que este "intervalo" é determinado pela prática adquirida pelo pedreiro e pela

responsabilidade assumida diante do serviço. O sarrafeamento é feito com a movimentação de uma régua (madeira ou alumínio) apoiada sobre as mestras (CARDÃO, 1969).

No sistema de revestimento de camada única, "o desempenho da superfície é a etapa seqüencial mas não imediata à operação de sarrafeamento. Tendo em vista que o revestimento de camada única é um revestimento normalmente destinado a receber acabamento de pintura, deve-se evitar, ao máximo, as fissuras de retração. Para tanto, deve-se obedecer a um intervalo de tempo mínimo para o desempenamento, pois, se esta operação for realizada com o revestimento ainda muito úmido, a evaporação posterior da água em excesso poderá induzir o aparecimento de fissuras (EPUSP, 1988). Por outro lado, recomenda-se o umedecimento do revestimento durante o desempenamento, no caso de ocorrer uma rápida evaporação, por exemplo dias de verão, o que prejudicaria um perfeito acabamento (MEDEIROS, 1988).

O alisamento da argamassa com desempenadeira faz com que os grãos maiores fiquem mergulhados no corpo da massa e que a pasta aflore, possibilitando a apresentação de uma superfície mais uniforme (CARDÃO, 1969). O grau de compactação exercido e o teor de umidade remanescente durante o desempenho são fatores muito importantes no surgimento de fissuras nas primeiras idades (MEDEIROS, 1988).

O acabamento desta camada pode ser áspero, no caso de aplicação de camada subsequente; desempenado ou feltrado (acabamento dado inicialmente com desempenadeira de aço e em seguida com esponja, de maneira a eliminar os pequenos grãos de areia na superfície do revestimento), no caso de constituir-se na única camada do revestimento (SIEGRIST, 1959).

2.5.1.4. *Execução da Camada de Acabamento Decorativo*

Esta camada é usualmente chamada de reboco (CARDÃO, 1969). Recomenda-se que sua espessura seja menor ou igual a 5mm, independente da técnica de aplicação e do acabamento previsto (ARGAMASSA, 1983).

Quanto às recomendações para aplicação desta camada, é a mesma para o emboço (PCA, 1980), ou seja deve ser aplicada após secagem suficiente da camada anterior (CSTB, 1982) e lançada vigorosamente contra a base, de maneira a se obter o seu máximo adensamento (ARGAMASSA, 1983).

A fim de que não sejam feitas emendas, CARDÃO (1969) recomenda que os trabalhos sejam programados de modo a facilitar a terminação completa de um painel inteiro num dia de trabalho. Porém, "as eventuais falhas do reboco devem ser imediatamente preenchidas com argamassa e em seguida efetuado o desempenho" (ARGAMASSA, 1983).

O acabamento do reboco pode ser feito de várias maneiras, entre elas o alisamento com desempenadeira, que dá uma superfície pouco áspera, e um amplo alisamento em que a segunda é realizado com uma desempenadeira revestida com feltro, que dá um bom substrato para pintura sem massa corrida. Neste caso o reboco substitui a massa corrida, para economia de material (RIPPER, 1977). Pode ainda, fornecer um acabamento salpicado, projetado por meio de equipamento apropriado ou lançamento manual através de peneira (ARGAMASSA, 1983).

2.5.1.5. *Execução de Quinas e Cantos*

Para a execução de quinas recomenda-se a utilização de réguas-guias. Estas são fixadas com um prego em forma de gancho no extremo da parede, de maneira que sobressaiam na mesma medida que a espessura da faixa mestra, servindo como indicativo da espessura do revestimento pretendido. As réguas-guias, junto com as faixas mestras, servem de apoio para fazer correr a régua que alisa o reboco (PRIMIANO, 1958). A figura 2.5.1.5-a ilustra este processo.

Quando for utilizado um reforço tipo cantoneira fixo ao revestimento, a régua-guia servirá apenas para garantir a planeza dos revestimentos até bem próximo da quina, pois esta região será tratada por último fazendo-se o enchimento necessário para assentamento da cantoneira, de modo que esta resulte nivelada com os planos do diedro executado, servindo então como guia para o enchimento, compactação e acabamento do trecho de revestimento faltante.

A projeção de argamassa nessa região deve ser enérgica e seguida de movimentos de compressão bem firmes do dorso da colher de pedreiro sobre o revestimento fresco, visando sua máxima aderência e compacidade, levando à minimização das fissuras de retração.

Para a execução de cantos sugere-se o uso de colher de pedreiro específica para este serviço, ou seja, com lâmina dobrada a 90° graus (DOC1.F EP/EN; EPUSP, 1988).

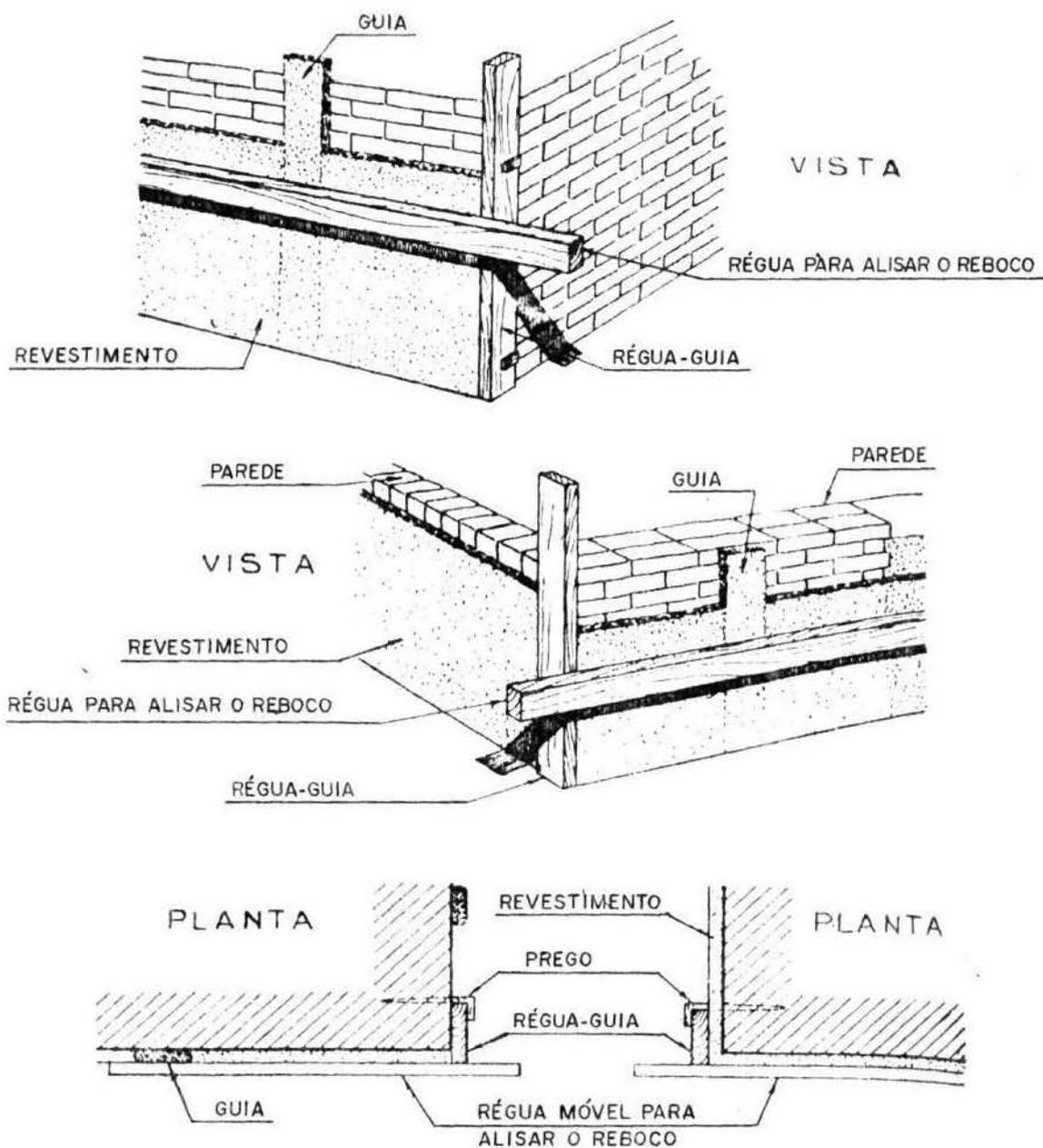


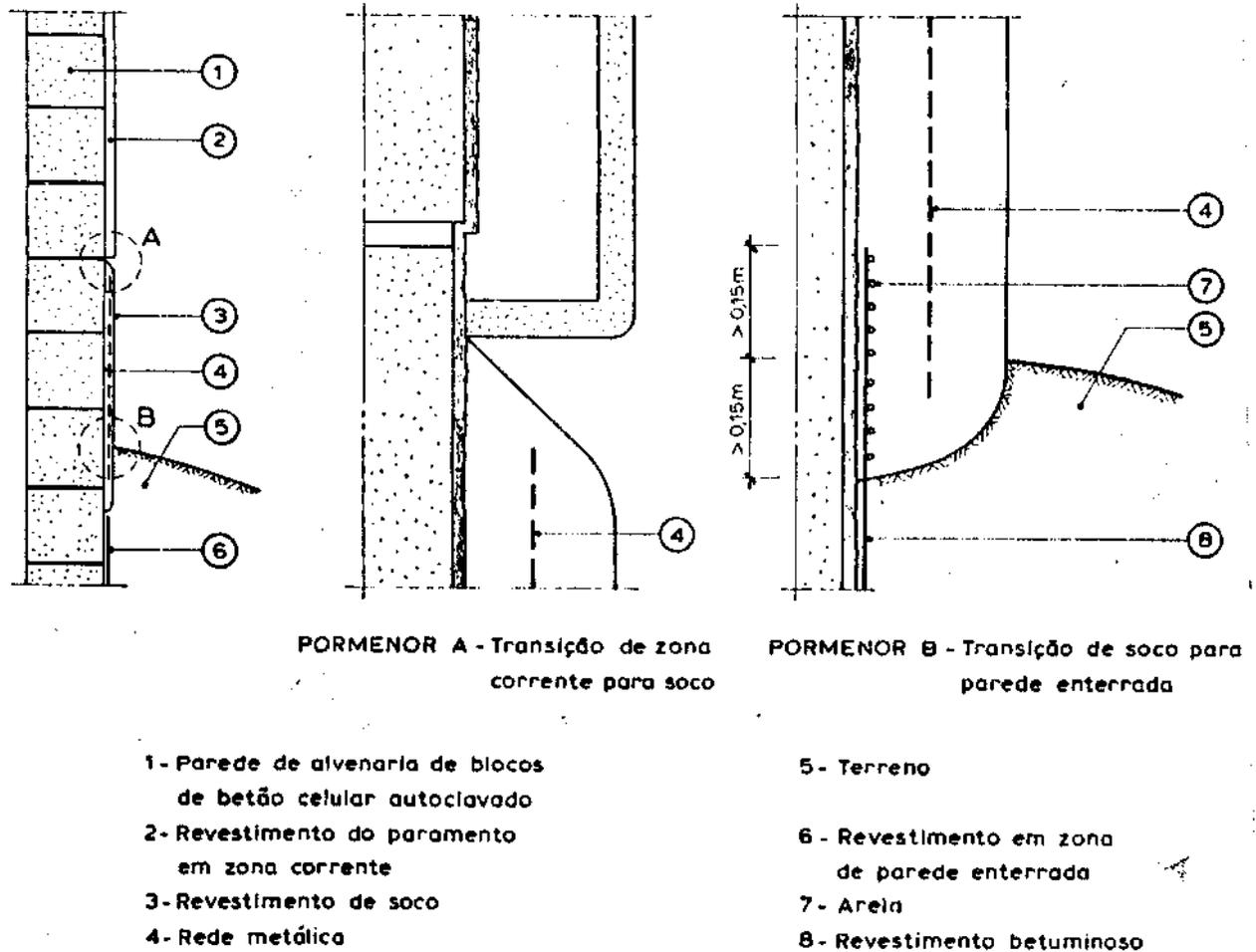
Figura 2.5.1.5-a - Esquema para execução de revestimento em quinas. No desenho as mestras estão com o nome de "guia" (PRIMIANO, 1958).

2.5.1.6. Execução do Revestimento de Sócos e Paredes Enterradas

Os sócos são rodapés das paredes externas. Podem ser revestidos tradicionalmente com três camadas ou eventualmente ser armados; de qualquer maneira devem ser resistentes às ações mecânicas. No primeiro caso, em que o revestimento de sócos é em três camadas, implica em aumentar a dosagem de aglomerante (cimento) para tornar a argamassa mais forte, o que é um risco para provocar retração e, conseqüentemente, fissuras no revestimento. No segundo caso, o consumo de aglomerante é menor, devido à incorporação de uma rede de aço galvanizado que irá contribuir para tornar o sóco mais resistente às ações mecânicas. Quanto ao revestimento das paredes enterradas, este é de grande importância na prevenção da penetração de umidade na base (LNEC, 1987).

Com base em estudos do LNEC (1987), descreve-se a seguir os procedimentos principais para a execução do revestimento de sócos e paredes enterradas. A figura 2.5.1.6-a apresenta um esquema pormenorizado do mesmo revestimento.

- a) no local de transição da "zona corrente" (parede que está acima do solo) para o sóco, deve haver um chanfro (recorte em ângulo) na sua junção - ver detalhe "A" da figura 2.5.1.6-a -.
- b) aplicar na base uma camada de chapisco de constituição idêntica à das zonas correntes, seguida da aplicação de uma camada de impermeabilização de base betuminosa, obtida em geral a partir de uma demão de emulsão betuminosa.
- d) a camada de impermeabilização ao rés-do-chão deve recobrir a camada de chapisco ao longo de um comprimento conveniente. Recomenda-se 0,3 m no mínimo, sendo $> 0,15$ m acima do chão e $> 0,15$ m abaixo do chão - ver detalhe "B" da figura 2.5.1.6-a -.
- e) na superfície da zona de recobrimento betuminoso, deve-se aplicar areia para garantia de aderência da subsequente camada do revestimento, que será reforçada mediante a incorporação de uma rede de aço galvanizado convenientemente fixado à base.



Obs.: O estudo do LNEC (1987) é baseado na YTONG SUECA, a normalização para revestimentos de "paredes de alvenaria de blocos de concreto celular autoclavado" daquele país. Para esta Normalização, os critérios de impermeabilização desta base são mais rígidos, pois esta possui um elevado índice de absorção superficial.

Figura 2.5.1.6-a - Esquema de uma solução para o revestimento de sócos e de paredes enterradas (LNEC, 1987).

2.5.1.7. Execução de Detalhes Construtivos

Aos detalhes construtivos atribui-se a função de proteger a fachada da edificação, bem como o revestimento nela aplicado de possíveis agentes agressivos como a chuva e a de prevenir a ocorrência de falhas no revestimento, como a fissuração. A seguir, descrevem-se alguns detalhes construtivos que são correntemente utilizados nas fachadas de edificações.

a) *Juntas de dilatação e contração*

De acordo com PCA (1980), as fissuras em um revestimento de argamassa podem ocorrer por inúmeras causas, como por exemplo: forças de retração por secagem; recalque de fundação; cruzamento de paredes, tetos, pilares e cantos; juntas estruturais, etc... Sabe-se que, além destas causas, existem aquelas ocasionadas por problemas no controle de materiais e na produção da argamassa. Sabendo-se das dificuldades que impedem de prever antecipadamente a localização e a direção das fissuras, independente da natureza da base e do mecanismo de ancoragem, as juntas devem ser instaladas na mesma direção e alinhamento que as possíveis juntas existentes na base (PCA, 1980). Quando for verificada a possibilidade de ocorrência de fissuras numa área diferente desta, deve-se provocar a fissura através da execução de uma junta neste local (BRE, 1983). No entanto, deve-se estar atento para não desrespeitar a arquitetura da fachada (CSTB, 1985).

Para as dimensões das juntas verticais e horizontais faz-se as seguintes recomendações: as verticais devem distanciar entre si de 4 a 8m, no máximo, e as horizontais de 3 a 6m (CSTB, 1985); ou podem ainda ser quadradas de lado não superior a 3m (NTE, 1989). As juntas devem atravessar toda a espessura do revestimento com exceção da camada de chapisco. Quando a condição de proteção da base for severa, as juntas devem ser tornadas estanques com mástique (LNEC, 1987).

Na execução, deve-se cuidar para que as juntas verticais e horizontais sejam limpas e bem traçadas para evitar fissuramento de sua borda.

b) *Saliências superficiais da fachada*

Consideram-se como saliências superficiais de uma fachada as pingadeiras, ressaltos, molduras, peitoris, vergas, etc... Atribui-se a estas a função de deslocar a lâmina de água da chuva que se forma sobre a superfície da parede, melhorando assim a durabilidade e a estanqueidade do edifício (PEREZ, 1988). Desta forma, protege-se também as juntas da concentração de fluxos de águas, a que são bastante vulneráveis.

O princípio destas saliências superficiais consiste em "expulsar os fluxos de água da chuva da superfície, contribuindo para criação de uma cortina de respingos paralela ao plano da parede que, diminuindo a incidência direta da água de chuva, diminui o volume de água sobre a parede" (PEREZ, 1988). Os desenhos da figura 2.5.1.7-a ilustram alguns detalhes de saliências superficiais.

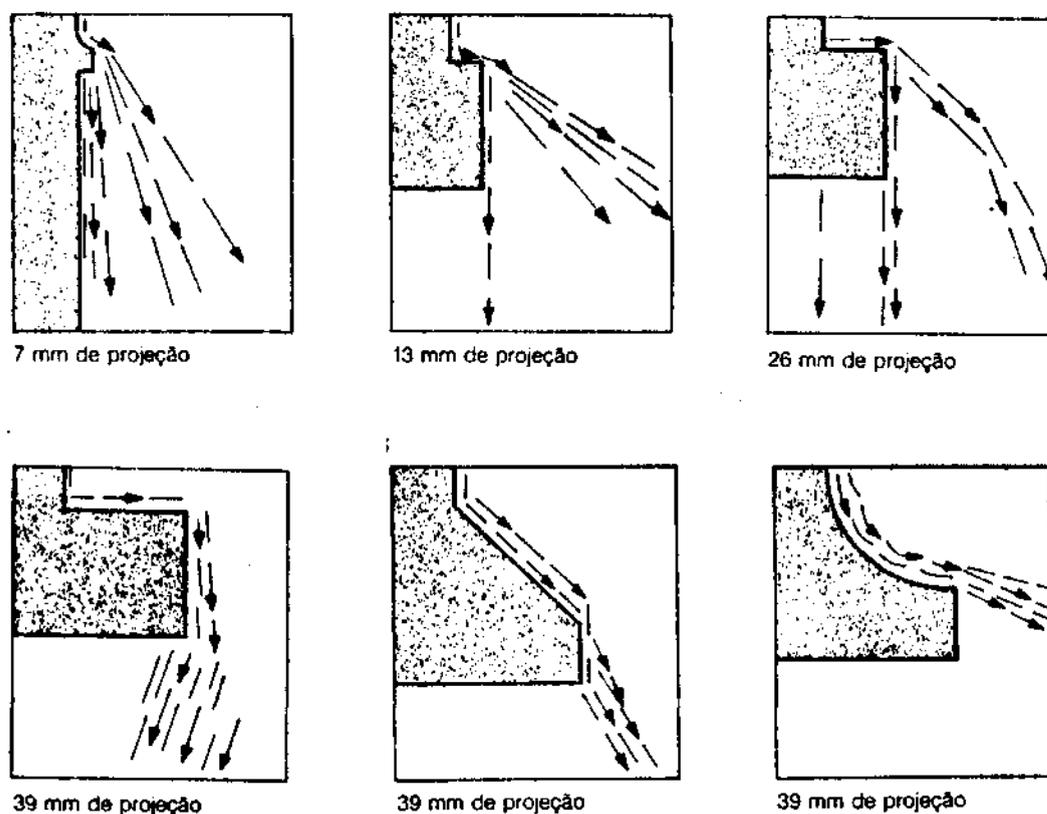
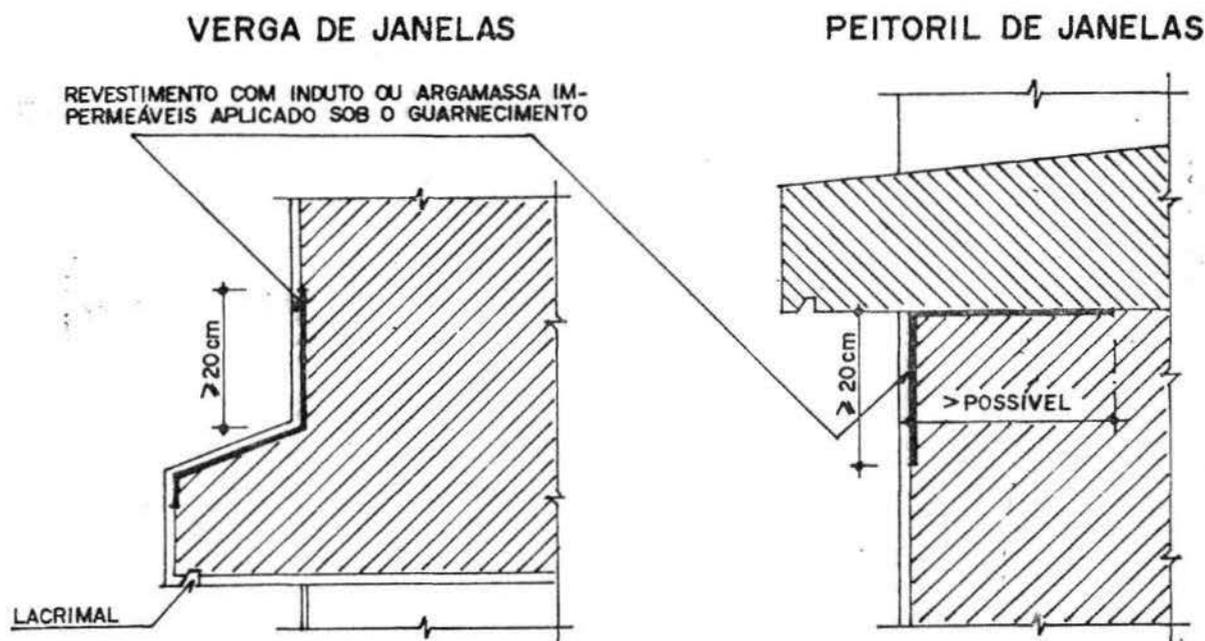


Figura 2.5.1.7-a - Diagrama dos fluxos de água em pingadeiras com diferentes geometrias (PEREZ, 1988)

Não basta, contudo, controlar a geometria e as dimensões das saliências introduzidas sobre as superfícies das fachadas. Todos os elementos salientes e horizontais devem ter a abertura de lacrimais na sua face inferior, pois na falta deste detalhe construtivo, as saliências superficiais tornam-se linhas propícias à infiltração e concentração de umidade na fachada. Citam-se como exemplo as vergas e peitoris, que, além da abertura de lacrimais, necessitam de impermeabilização local, com argamassa impermeável, das zonas sub e sobrejacentes às mesmas, figura 2.5.1.7-b (LNEC, 1954).

Para a execução destas saliências superficiais em argamassa, sugere-se que a fixação seja feita com réguas (preferencialmente metálicas e com largura específica) sob a região de modelamento, a qual deverá suportar a pressão de modelagem daquelas e seu peso próprio, enquanto ainda fresca (DOC1.F EP/EN; EPUSP, 1988).



Obs.: Nesta figura, as saliências superficiais são as vergas e peitoris, e os detalhes construtivos são a impermeabilização e os lacrimais.

Figura 2.5.1.7-b - Detalhes construtivos complementares necessários ao funcionamento das saliências superficiais da fachada (LNEC, 1954).

2.5.2. Controle dos Serviços de Execução do Revestimento

Para controlar a qualidade dos serviços que estão envolvidos neste processo de execução, faz-se uma abordagem supondo que os mesmos estão resumidos nos seguintes pontos: levantamento das condições iniciais do trabalho e controle das etapas de execução.

2.5.2.1. Levantamento das Condições Iniciais do Trabalho

Pode-se dizer que para o início dos trabalhos há dois fatores importantes a serem observados: as condições do plano de revestimento (base) e as condições climáticas.

As condições do plano de revestimento envolvem a verificação da limpeza e planeza da base e da capacidade de aderência da argamassa ao mesmo. Estas constatações são obtidas através dos procedimentos de preparação da base, já discutidos.

Os elementos climáticos que podem intervir nos serviços de execução são temperatura e umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica. Um estudo do LNEC (1987) descreve a ação destes fatores em conjunto: "Os revestimentos não devem ser aplicados

quando estiver chovendo, quando houver risco de congelamento, quando a temperatura ambiente for muito elevada e a umidade relativa for baixa, quando houver forte vento ou quando, em tempo quente, os paramentos estiverem expostos à ação direta dos raios solares. A temperatura ambiente não deve ser inferior a 5°C, nem superior a 30°C, já que temperaturas fora desse intervalo exigem cuidados especiais".

No caso de temperaturas acima de 30°C, o CSTB(1982) recomenda cuidados com o revestimento para que não seja exposto diretamente aos raios solares e ventos secos, valendo-se de protetores ou de reumidificação.

De maneira geral, as condições climáticas afetam a velocidade de execução de um revestimento, podendo estender ou reduzir o tempo entre as operações. De acordo com o PCA(1980) faz-se uma relação direta entre as condições climáticas com alguns serviços envolvidos neste processo construtivo:

- a) em climas frios, o tempo de espera para o sarrafeamento e desempenho é alongado, ocorrendo o contrário em climas quentes;
- b) clima quente ou seco tem um efeito semelhante, causando uma rápida perda de água da argamassa por evaporação e absorção;
- c) numa modificação moderada da temperatura e da umidade relativa do ar podem ser necessárias providências como o aquecimento dos materiais envolvidos no processo, no caso de resfriamento, e um pré-umedecimento da base para evitar alta absorção, no caso de aquecimento.

De maneira geral, deve-se estar atento às possíveis mudanças climáticas que podem afetar o processo de aplicação da argamassa de revestimento. Portanto, recomenda-se ter em mãos, em caráter contingencial as possíveis soluções técnicas, evitando assim o imprevisto.

2.5.2.2. Controle das Etapas de Execução

As principais etapas para controle do processo de execução do revestimento são a aplicação da argamassa e o momento que se segue a ela.

Neste trabalho considera-se apenas a aplicação manual, uma vez que o controle da aplicação mecânica é dependente do tipo de equipamento utilizado. No entanto, a qualidade do revestimento deve ser a mesma nos dois processos. Para FIORITO (1984), o modo de aplicação da argamassa fresca é fundamental, tanto na avaliação do rendimento, como do nível de qualidade da argamassa quanto à sua absorção e permeabilidade.

Portanto, recomenda-se que todo o esforço de compressão possível deve ser feito na operação de alisamento, que significa uniformizar e compactar com o auxílio de uma ferramenta (costuma ser a colher de pedreiro) a superfície resultante da projeção das porções de argamassa. Desta maneira, há uma tendência em aumentar a aderência e diminuir o volume de vazios do revestimento fresco, o que contribui para evitar as fissuras por retração de secagem (EPUSP, 1988).

Após a operação de alisamento do revestimento, deve-se aguardar um certo período de tempo para a operação de sarrafeamento, período este que depende de inúmeros fatores como a absorção da base, características da argamassa e clima local, sendo definido pela experiência e qualificação do pedreiro. O pedreiro experiente e de boa qualificação reconhece e respeita o período de repouso adequado para executar o sarrafeamento, pois sabe que o nível de "endurecimento" do revestimento tem influência no surgimento de fissuras. Estas fissuras são geralmente horizontais, provocadas pela perturbação precoce da camada de emboço ou de massa única (EPUSP, 1988).

Depois de terminada a aplicação da argamassa e para que a mesma possa desenvolver as propriedades de aderência e resistência, sem possíveis problemas, descreve-se recomendações para o processo de cura das argamassas de revestimento:

- a) preservar dos raios solares diretos, do vento e da chuva os revestimentos recém terminados, valendo-se para isso de lonas, sacos ou palhas;
- b) proceder o regamento intenso do revestimento quando sobrevierem perigos de dessecação superficial muito rápidas (provoca fissuras mapeadas no revestimento). Para isso, é necessário utilizar um pulverizador que não danifique a superfície ao mesmo tempo que fornece a umidade necessária para uma cura normal. Em dias muito quentes, recomenda-se que os revestimentos, principalmente aqueles diretamente expostos à radiação solar, sejam mantidos úmidos durante pelo menos 48 horas após a aplicação. Isto pode ser feito por aspersão de água três vezes ao dia (ARGAMASSA, 1983).

Estando-se seguro da maturação da camada de argamassa aplicada, o processo de aplicação do revestimento pode ter continuidade. Este período de maturação é bastante importante, principalmente quando a espessura do revestimento for superior a 15mm (que se realizará por capas sucessivas sem superar esta espessura sob pena de haver descolamento das camadas por falta de aderência).

Como regra geral sugere-se que após o término do revestimento com argamassa, não sejam fixados elementos sobre o revestimento até que tenha ocorrido a pega, nem antes de sete dias (NTE, 1989).

CAPITULO III - O PERFIL DA PRODUÇÃO DE REVESTIMENTO DE FACHADAS EXTERNAS COM ARGAMASSA DE CIMENTO, CAL E AREIA PELAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO DE PORTO ALEGRE

3.1. O ESCOPO DA ABORDAGEM

Segundo Aurélio Buarque de Holanda a palavra perfil é a "descrição de alguém em traços rápidos ou a representação dum objeto que é visto só de um lado".

O perfil da produção de revestimento de fachadas externas com argamassa de cimento, cal e areia pelas empresas de construção de Porto Alegre, embora não se trate de alguém ou de um objeto mas de um processo construtivo, esta definição pode ser assumida como válida.

A formação do Perfil baseia-se em um estudo de caso de um conjunto limitado de empresas, com a finalidade de produzir conhecimentos de caráter qualitativo sobre os procedimentos empregados nos canteiros de obra, tendo como principal objetivo servir como ponto de partida para a racionalização do processo construtivo tradicional de revestimento externo.

3.2. METODOLOGIA UTILIZADA PARA A IDENTIFICAÇÃO DO PERFIL

A metodologia para a identificação deste Perfil está dividida em três procedimentos principais: a coleta de dados, a classificação das empresas de construção visitadas e a sistematização destes dados.

3.2.1. Procedimentos na Coleta dos Dados

Para a coleta dos dados colaboraram 18 empresas de construção, do sub-setor edificações, da cidade de Porto Alegre. Foram escolhidas edificações de caráter comercial ou residencial, onde a obra estivesse numa das fases de construção descritas a seguir:

- a) imediatamente por fazer o revestimento: a base a ser revestida deveria estar concluída, em condições de início do processo de revestimento, procurando-se catalogar os tipos de base mais comuns e como era feita a preparação, além da armazenagem dos materiais componentes da argamassa;

- b) revestimento em execução: nesta fase foram acompanhados o transporte dos materiais até o local de produção da argamassa, a produção da argamassa, o transporte da mesma ao local de aplicação e a execução do revestimento;
- c) o serviço de revestimento recém concluído: nesta fase a observação foi dirigida à verificação da qualidade final do revestimento de argamassa.

Nas visitas aos canteiros-de-obras, procederam-se três etapas de atividades para a coleta de informações:

- na 1ª etapa foi realizada uma entrevista com o engenheiro da obra, seguida de uma visita por toda a obra, com acompanhamento do mesmo e do mestre;
- na 2ª etapa ocorreu o retorno ao canteiro-de-obra sem acompanhamento, procurando um contato maior com os mestres, pedreiros e serventes envolvidos com o processo construtivo;
- na 3ª etapa retornou-se ao canteiro-de-obra para esclarecer incoerências entre as respostas dadas na entrevista e o que de fato foi observado no canteiro, ou qualquer dúvida surgida após um estudo das respostas coletadas.

Com exceção da primeira etapa, as outras duas não foram previamente combinadas com o responsável pela obra, visando, com este procedimento, a uma maior autenticidade dos dados coletados já que não houve uma preparação prévia do canteiro para a visita.

Os meios utilizados para a documentação dos fatos foram fotografias ilustrando os procedimentos adotados em obra, uma entrevista com o engenheiro da obra (baseada num questionário previamente preparado - vide anexo A) e, em meio à visitação do canteiro, contatos diretos com mestres, pedreiros e serventes, que contribuíram satisfatoriamente com informações sobre o processo construtivo.

3.2.2. Procedimentos de Classificação das Empresas de Construção

A partir da quantidade média de área construída no período de 1989 a 1991 dividiu-se o conjunto de 18 empresas em três grupos:

- a) o grupo I: o maior deles, com 12 empresas, apresentando uma média até 15.000 m²/ano de área construída;
- b) o grupo II: formado por 4 empresas, apresentando uma média de 15.000 m²/ano até 50.000 m²/ano de área construída;

- c) o grupo III: com apenas 2 empresas, apresentando médias superiores a 50.000 m²/ano de área construída.

3.2.3 Procedimentos para Sistematização dos Dados

O procedimento para sistematização dos dados foi baseado nas etapas do processo de execução de revestimento em argamassa.

3.2.3.1. *Fatos Ocorrentes com os Materiais*

Com o questionamento sobre a etapa referente aos materiais, buscou-se conhecer o procedimento das empresas quanto ao controle de qualidade, necessário para um bom desempenho dos materiais envolvidos no processo construtivo.

As atividades definidas para o controle de qualidade dos materiais foram:

- a) a especificação do material, considerando as especificações de projeto e de compra dos materiais;
- b) o recebimento dos materiais, considerando a existência de ensaios para recebimento, com os respectivos critérios de aceitação e rejeição;
- c) o armazenamento dos materiais, isto é, os locais de armazenagem bem como as possíveis perdas ocorridas antes do uso do material.

3.2.3.2. *Fatos Ocorrentes na Produção da Argamassa de Revestimento*

Na etapa de produção da argamassa procurou-se acompanhar os procedimentos utilizados pelas empresas quanto aos seguintes aspectos:

- a) a origem dos traços utilizados, identificando o técnico responsável pela especificação da argamassa;
- b) o controle e o respeito ao traço especificado na operação de dosagem, incluindo o critério para adição de água;
- c) a operação de mistura dos materiais, quanto ao modo de mistura (manual ou mecânica) e a sua eficácia;
- d) a operação de transporte, isto é, os meios mais frequentemente utilizados nos canteiros visitados.

3.2.3.3. *Fatos Ocorrentes na Execução de Revestimento com Argamassa*

Por fim, na etapa de execução, procura-se saber o procedimento das empresas visitadas quanto aos seguintes aspectos:

- a) a técnica de execução, procurando identificar a técnica empregada para realização dos serviços, particularmente dos detalhes construtivos;
- b) a atividade de controle do produto final, identificando se, durante o serviço de execução, existe um controle efetivo em todas as atividades, bem como a natureza dos procedimentos utilizados para este controle.

3.3. O PERFIL FORMADO A PARTIR DA SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS

Os dados coletados nas empresas de construção estão no anexo B deste trabalho. A seguir é apresentada uma síntese destes dados.

3.3.1. Especificação dos Materiais

A especificação dos materiais é feita a partir da solução construtiva adotada para revestimento externo.

Foi constatado nos canteiros visitados que a quantificação e a especificação técnica dos materiais apresentavam-se diferenciadas entre os grupos formados. Nos grupos I e II identificou-se distintos procedimentos, tais como:

- a) o escritório central elabora as especificações e a obra cumpre as mesmas;
- b) o mestre faz as especificações na própria obra;
- c) o engenheiro residente ou engenheiro de obras (considerado aquele que possui mais de uma obra para visitar) faz as especificações na obra;
- d) o empreiteiro da obra faz as especificações e posteriormente o engenheiro residente confere de acordo com o orçamento previsto pelo escritório central;
- e) o técnico de edificações ou estagiário de engenharia civil faz as especificações, podendo ser na obra ou escritório.

No grupo III foi constatado que o engenheiro residente tem a responsabilidade pela especificação dos materiais.

3.3.2. Compra dos Materiais

Os grupos de empresas apresentaram dois sistemas distintos de compra de material. Em algumas a compra é efetuada pelo escritório da empresa, enquanto em outras o sistema é misto, ou seja, a obra participa do processo de compra, por vezes orientada pelo escritório ou livremente.

O grupo I apresentou as modalidades de compra relacionadas abaixo:

- a) sistema misto no qual o escritório da empresa compra o cimento e os demais materiais para a argamassa são comprados diretamente pela obra num fornecedor, que pode ser determinado pelo escritório ou pela própria obra. O critério de escolha do fornecedor, no segundo caso, fica por conta do comprador da obra, que pode ser o almoxarife ou o mestre;
- b) o canteiro de obra compra diretamente os materiais e tem como critérios primeiramente o preço e em seguida a qualidade, e por fim, quando existe, a especificação técnica;

O grupo II apresentou as modalidades a seguir:

- a) sistema misto similar ao grupo anterior, porém o canteiro não possui critérios para a compra de materiais, cabendo ao escritório orientar a escolha do fornecedor;
- b) o escritório central controla todo o processo de compra dos materiais.

No grupo III constatou-se que apenas o escritório central fazia as compras dos materiais, a partir de um requerimento do engenheiro residente, no qual o material é solicitado.

Independente do sistema de compra dos materiais, o critério mais utilizado para a escolha do fornecedor é o preço de mercado, principalmente no caso do cimento, por ser um dos materiais de maior consumo numa obra. No entanto, para a areia e argamassa básica (mistura semi-pronta de cal hidratada, areia e água), além do preço como critério, verificou-se também, a eficiência da entrega pelo vendedor e a qualidade (menos impurezas).

3.3.3. Recebimento de Materiais

Constatou-se que o recebimento dos materiais nos três grupos ocorre de três maneiras:

- a) recebimento feito pelo mestre ou engenheiro residente ou da obra;
- b) recebimento feito pelo almoxarife;
- c) recebimento feito pelo mestre, apontador ou almoxarife, com a posterior conferência pelo engenheiro, ou, se no momento do recebimento houver dúvidas com relação ao especificado na nota fiscal, o engenheiro é consultado antes da aceitação.

Quanto aos critérios de aceitação ou rejeição, as empresas visitadas apresentaram alguns ensaios expeditos. Estes estão divididos em dois blocos de acordo com a natureza do material (agregado ou aglomerante), conforme segue:

- a) areia e argamassa básica (não é agregado, mas pela sua forma física é agrupada como se o fosse para efeito de estudo): o ensaio expedito realizado é a cubagem nos caminhões de entrega, conferindo a quantidade especificada na nota fiscal. Além disso, observa-se o aspecto dos materiais. Para a argamassa básica é feita ainda uma observação tato-visual onde, através da experiência adquirida por tempo de serviço, o receptor da obra percebe se o material possui ou não uma boa liga (um traço mais rico em cal). Para não perder um carregamento de areia que chega na obra com impurezas ou com granulometria fora da especificação solicitada, algumas empresas do grupo I executavam o peneiramento, ou a mistura de materiais. Por exemplo, quando areia fina era entregue em lugar de areia grossa, aquela era misturada com a areia grossa ainda restante no canteiro. A proporção desta mistura era aleatória e definida pelo mestre;
- b) cimento e cal hidratada: apenas um controle quantitativo era realizado, através de contagem e conferência da nota. Segundo os entrevistados, a maior dificuldade no recebimento é saber se o cimento está empedrado. Para a cal não foi observado nenhum critério.

3.3.4. Armazenamento dos Materiais

Constatou-se que em todos os grupos os materiais são abrigados de intempéries de acordo com a sua vulnerabilidade, principalmente o cimento e a cal hidratada, que são armazenados em locais seguros da umidade. Nos grupos I e II a areia e a argamassa básica são armazenadas sem proteção às intempéries. Apenas no grupo III constatou-se uma proteção com plástico após um dia de trabalho ou no caso de chuva.

Devido à falta de controle efetivo no armazenamento dos materiais, foram observadas perdas em todos os grupos, figura 3.3.4-a, bem como desperdício de homens horas trabalhando em atividades de correção dos erros cometidos na armazenagem, como por exemplo, observou-se a tentativa de aproveitamento de uma argamassa básica produzida há pelo menos dez dias, através da transformação dos grandes torrões formados por sua secagem, em elementos menores e depois dissolvendo-os em água, de modo a utilizar este material na produção da argamassa de revestimento, figura 3.3.4-b.



Figura 3.3.4-a - Argamassa básica armazenada sem proteção.

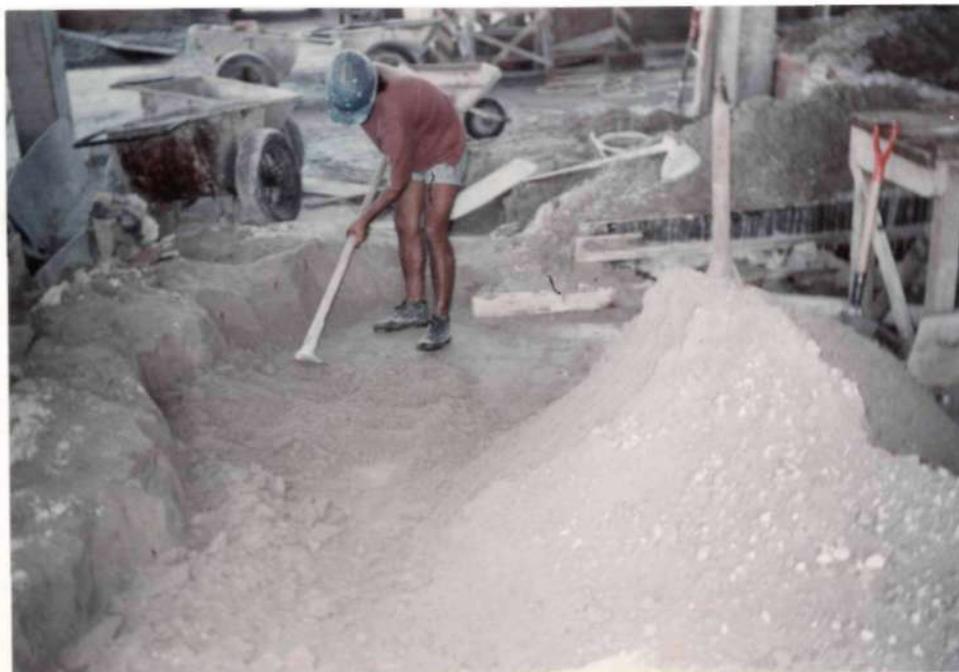


Figura 3.3.4-b - Argamassa básica produzida há pelo menos 10 dias.

Nos canteiros de obra visitados, também foi verificado o armazenamento da argamassa de revestimento no local de espera próximo à sua aplicação. Constataram-se duas formas de armazenamento: uma sem qualquer proteção e a outra sobre uma placa de compensado, evitando sua contaminação, espalhamento e desperdício, figura 3.3.4-c.



Figura 3.3.4-c - Argamassa de revestimento externo sobre folha de madeira compensada.

3.3.5. Determinação do Traço

Sobre a especificação do traço, constatou-se que a maioria das empresas visitadas não fazia especificações técnicas a nível de projeto. Quando muito, a determinação do traço fica a cargo do mestre, e, na grande maioria das vezes, a cargo de um operário denominado betoneirista, que goza de certa confiança do mestre, além de receber uma gratificação pecuniária específica.

Apenas uma empresa do grupo III apresentou um traço padrão tecnicamente elaborado para a argamassa de revestimento de todas as suas obras. Em contrapartida, constatou-se no grupo II, traços diferentes para três obras de uma mesma empresa, apesar da tentativa de padronização dos traços para todas as obras.

3.3.6. Dosagem da Argamassa

Da mesma forma que a determinação do traço, a dosagem dos materiais é feita sem controle por operários com experiência adquirida por tempo de serviço. Os meios de dosagem variam entre pás, padiolas, baldes, latas, carrinhos de mão comuns e carrinhos padronizados.

Numa visita ao canteiro de uma empresa do grupo III, que possuía especificação técnica para o traço em volume, foi constatado que o operário não concordava com a mesma, pois entendia que o seu serviço não rendia utilizando o carrinho padronizado. Para melhorar o seu rendimento, este operário utilizava outros carrinhos maiores, mas não calibrados, de maneira que carregasse maior quantidade de material, alterando, entretanto, o traço especificado.

Quanto à água de amassamento, não foi constatada nenhuma especificação para a quantidade a ser adicionada, ficando normalmente a critério do operário que preparava a argamassa. Uma regra geral observada é a adição de água regulada, subjetivamente pelo betoneirista, considerando presença de umidade na areia e a existência de água adicionada na argamassa básica.

Foi verificado em algumas empresas do grupo I o uso de aditivos ditos substitutivos da cal, porém o seu uso era feito de maneira irracional, ou seja, a dosagem não era controlada tecnicamente, a começar pelos recipientes de dosagem que eram improvisados. Para tentar resolver este problema de dosagens aleatórias, uma empresa utilizou um tonel de 200l onde dissolvia 20l do aditivo em água, e esta água era adicionada na mistura para a argamassa de cimento. No entanto, a posição deste tonel era totalmente inconveniente, pois confundia-se com o tonel de água para uso corriqueiro e não havia nenhum sinal indicando a existência de dois recipientes com conteúdos diferentes.

3.3.7. Mistura dos Materiais

Para a mistura dos materiais, observou-se que todos os grupos utilizavam a forma mecânica, em betoneiras de 320l de capacidade. No entanto, apenas algumas empresas possuíam betoneiras com caçamba de carregamento para facilitar a colocação dos materiais e evitando maiores perdas. Para as betoneiras sem caçamba, o abastecimento era feito através de padiolas, latas, sacos, ou, como foi observado numa empresa do grupo I, o material era amontado em frente da betoneira e depois colocado no seu interior com a utilização de pás, figura 3.3.7-a.



Figura 3.3.7-a - Procedimento de dosagem de uma empresa do grupo I; primeiramente o material (cimento, cal e areia) era amontado em frente à betoneira e depois colocado no seu interior com pá.

Em apenas uma empresa do grupo I foi observada a mistura manual dos materiais. Esta escolha costuma ser determinada pelas empresas de acordo com o porte da obra.

3.3.8. Transportes dos Materiais

Constatou-se que o sistema de transporte nos canteiros era diversificado. Em deslocamentos horizontais havia empresas que transportavam os materiais, inclusive a argamassa pronta, em carrinhos-de-mão comuns, provocando desperdícios, enquanto outras transportavam em carros apropriados denominados de "jirica", figura 3.3.8-a. Em deslocamentos verticais utilizavam guincho de obra, sendo observada apenas uma empresa do grupo II que utilizava grua para o transporte, porque o porte da obra comportava isto.



Figura 3.3.8-a - Carro de transporte de argamassa denominado de "jirica".

Além dos meios de transporte por vezes inadequados, constatou-se um agravante impedindo o bom desempenho do sistema de transporte horizontal, que são as vias com entulhos, e por vezes acidentadas, figura 3.3.8-b.



Figura 3.3.8-b - Caminho interno de um canteiro de obra com aclave e entulhos.

Quanto à mão-de-obra envolvida as empresas relataram que o controle é feito pelo mestre no grupo I, pelo mestre e um encarregado da equipe no grupo II e pelo mestre auxiliado por um técnico no grupo III.

A composição das equipes de produção varia, sendo de 2, 3 e 6 serventes, em função do porte da obra, distribuídos da seguinte forma:

- a) 2 serventes: os dois dividiam o serviço de betoneirista e transporte de material para abastecimento e da argamassa pronta;
- b) 3 serventes: um betoneirista e os outros dois faziam o transporte de abastecimento e da argamassa pronta;
- c) 6 serventes: dois faziam só o transporte de abastecimento, dois o transporte da argamassa pronta e dois eram betoneiristas.

Todos os tipos de composições foram observados nos grupos I, II e III.

3.3.9. Metodologia de Execução

Quanto à metodologia empregada para a execução das atividades referentes ao serviço de revestimento constatou-se sempre o processo tradicional de aplicação manual. A metodologia tradicional de aprendizagem da técnica ocorre empiricamente, onde pela repetição da atividade o operário aprende a fazer.

Quanto aos detalhes construtivos, eram determinados de acordo com o revestimento final a ser assentado na fachada. Não constatou-se, em nenhum grupo, a execução de detalhes para a prevenção de acúmulo de sujeira ou qualquer dano à fachada (pingadeiras, sócos, etc).

3.3.10. Controle dos Serviços

A maioria dos entrevistados entendeu este questionamento apenas como sendo o controle da espessura do revestimento, e quanto ao método de execução deste controle, o único citado foi a verificação da prumada do edifício.

No grupo I, no entanto, foram apresentados dois meios de controle visual do serviço, um feito através da prumada, pelo mestre, e outro, pelo engenheiro, com o uso de uma régua de alumínio, de comprimento variável de 3 a 6m, colocada sobre a parede revestida para verificação de desníveis; os valores toleráveis para estes desníveis não eram fixos, podendo variar de 2 a 10mm a cada 2m.

No grupo II o controle da prumada é feito pelo mestre da obra juntamente com o engenheiro residente, enquanto no grupo III o mesmo é executado pela equipe móvel de apóio tecnológico.

A fim de corrigir as fachadas dos edifícios que estavam fora de prumo, foi observado em todos os grupos a utilização da técnica de uso do encasque para a correção, figura 3.3.10-a. Observou-se também, para a correção da prumada da edificação, a quebra de tijolos, assim prevenindo a ocorrência de grandes espessuras de revestimento, figura 3.3.10-b.



Figura 3.3.10-a - Utilização do encasque para a correção de uma fachada que estava fora do prumo.



Figura 3.3.10-b - Detalhe de uma fachada em que foi necessário quebrar o tijolo para evitar a ocorrência de grandes espessuras no revestimento.

CAPÍTULO IV - ANÁLISE DOS PROCEDIMENTOS DA PRODUÇÃO DE REVESTIMENTO EXTERNO EM ARGAMASSA DE CCA PELAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DE PORTO ALEGRE

4.1. ANÁLISE DOS PROCEDIMENTOS A PARTIR DO PERFIL

Tendo a revisão bibliográfica deste trabalho como referência e com o auxílio das observações feitas nos canteiros de obras das empresas de construção durante as visitas, neste capítulo é apresentada uma análise do Perfil formado pela sistematização dos dados coletados nos canteiros de obra das mesmas. Esta análise foi elaborada a partir das etapas do serviço de revestimento.

4.1.1. Especificação, Aquisição e Controle dos Materiais

Para a especificação dos materiais, considera-se que nenhum grupo de empresas apresentou critérios técnicos rigorosos embora nas empresas do grupo III o engenheiro residente fosse o responsável pela elaboração da mesma. Para haver uma especificação adequada de materiais, deve-se fazer um estudo prévio das solicitações a que será submetido o revestimento, bem como das características dos materiais utilizados.

O estudo das solicitações a que estará submetido o revestimento, consiste basicamente na determinação das funções que lhe são atribuídas, como estanqueidade à água, quando for aplicado numa determinada fachada externa da edificação, além da verificação das condições de exposição da mesma fachada a intempéries.

A caracterização dos materiais deve ser feita por um profissional qualificado, tecnologista de materiais, que necessita do respaldo de laboratório qualificado.

As referidas atividades não são atribuições para os profissionais envolvidos na execução deste processo construtivo, o mestre e o engenheiro residente ou para um estagiário, pois não são técnicos especializados.

Conforme descrito no Perfil, verificou-se que o critério para a aquisição dos materiais é o preço de mercado, o que pode levar as empresas a adquirirem materiais de baixa qualidade, contribuindo assim para o aparecimento de futuros problemas no revestimento. Por vezes também, constatou-se que os critérios considerados na aquisição ficam totalmente por conta do canteiro de obra, representando a transferência de uma decisão, já que a especificação deveria fazer parte do projeto. Além disso, o canteiro de obra ao ser diretamente responsável pela aquisição de materiais ganha nova atribuição que vai competir com sua função específica de executar os serviços projetados.

Conforme descrito no Perfil, a mão-de-obra recebe os materiais segundo os seus próprios critérios, demonstrando mais uma vez, a transferência total de responsabilidades importantes ao canteiro de obra, que não deveria ter esta atribuição.

Com relação ao armazenamento, o Perfil descreve que em todos os grupos há perdas de materiais, bem como de horas de operários trabalhando na tentativa de minimizá-las. A causa destas perdas está no canteiro de obra mal projetado. Deveria haver cuidados especiais na preparação da infra-estrutura e planejamento do canteiro, de maneira que os materiais sejam armazenados e protegidos de acordo com sua vulnerabilidade.

4.1.2. Produção da Argamassa

De acordo com o Perfil apresentado, observa-se a falta de seleção da argamassa na fase de projeto. A responsabilidade é delegada ao executor, que não poderia e não deveria fazê-la por não ser um profissional qualificado para esta função.

Para a dosagem e mistura dos materiais, observa-se uma falta de controle tecnológico e de treinamento da mão-de-obra envolvida no processo.

A falta de controle tecnológico foi observada principalmente nos seguintes aspectos:

- a) a dosagem dos aditivos é executada sem o adequado controle, a dosagem excessiva, por exemplo, pode aumentar a incorporação de ar, diminuindo a resistência mecânica do revestimento;
- b) o tempo de mistura dos materiais é estabelecido empiricamente, estando sob responsabilidade apenas do betoneirista: se o tempo de mistura for insuficiente para a homogeneização da mistura, pode ocorrer a segregação dos materiais constituintes; se for demasiadamente longo, contribuirá para a incorporação de ar. Portanto, devido ao crescente uso de aditivos nas argamassas de revestimento, o tempo de mistura deve ser ainda mais cuidadoso, pois serão dois fatores contribuindo para a incorporação de ar, com conseqüente diminuição da resistência do revestimento;
- c) a correção da trabalhabilidade com a adição de água pode provocar a retração excessiva durante a secagem. Recomenda-se que sejam previstas em projeto as condições adversas que a argamassa estará sujeita no estado fresco, quando de sua aplicação, tais como temperatura do ar excessivamente alta ou baixa, incidência de ventos, etc., a fim de evitar a necessidade de retempero ou a dosagem excessiva de água.

Observou-se que nas empresas nas quais os traços eram especificados no escritório, não questionava-se sua origem técnica, incluindo o meio de dosagem, existindo resistência por parte dos executores em cumprir estes traços. Conclui-se que de nada adianta uma empresa preparar todo um procedimento para a dosagem de argamassa se quem o executa não é adequadamente treinado. Pode-se inferir também que a falta de estudo ergonômico para os meios de dosagem propostos (carrinho calibrados, padiolas, etc...), pode contribuir para criar resistência ao emprego dos procedimentos prescritos.

No transporte dos materiais, o Perfil apresentado demonstra que este é prejudicado pelo uso de meios de transporte inadequados e por vias de acesso acidentadas e entulhadas. Isto normalmente deve-se ao fato de os canteiros de obra são mal projetados e administrados e também à falta de ferramentas e equipamentos adequadas para a execução dos serviços.

4.1.3. Execução do Revestimento

A metodologia de execução constatada em todos os grupos de empresas foi a tradicional. A maneira como a mesma está sendo transmitida aos novos oficiais (pedreiros), apenas por repetição, sem um acompanhamento técnico, pode gerar acúmulos de vícios que serão refletidos num revestimento de baixa qualidade. Não se pretende com este comentário menosprezar a capacidade de inovação da técnica deste processo construtivo pelos novos oficiais, mas sim alertar que, caso seja observada alguma inovação, deve-se fazer um acompanhamento da mesma, a fim de verificar sua eficiência.

Os detalhes construtivos devem ser especificados em projeto, de acordo com as solicitações a que será submetido o revestimento. É importante, também, determinar em que etapa do processo serão executados, bem como os procedimentos necessários, de maneira que não fiquem dúvidas.

O controle dos serviços de execução deve ser feito a partir da inspeção da preparação da base e obtenção de dados sobre condições climáticas para adequação as atividades. Em seguida, o controle deve ser feito em cada etapa da execução do revestimento, em que seja verificado se os serviços estão de acordo com as recomendações de projeto, quanto à espessura e acabamento final de cada camada do revestimento. O controle dos serviços deve ser extensivo até o processo de cura, que inicia após a execução de cada camada e encerra apenas com a cura final do conjunto. Por exemplo, ao executar-se chapisco, emboço e reboco deve haver um período de cura após a exsudação de cada camada e ao final, um período de cura do conjunto.

A importância de controlar os serviços de execução está em evitar a ocorrência de erros que possam causar futuros problemas patológicos.

CAPITULO V - ESTRATÉGIAS PARA O MELHORAMENTO DA PRODUÇÃO DE REVESTIMENTO EM ARGAMASSA DE CCA

A análise dos procedimentos de revestimento pelas empresas de construção civil de Porto Alegre demonstrou que existem deficiências na produção de revestimento, em função da falta de adoção de uma "nova cultura".

A adoção de uma "nova cultura" para este processo construtivo consistiria em abandonar o empirismo puro até então praticado por estas empresas através da introdução de controles tecnológicos nos seus procedimentos.

Cita-se como exemplos deste empirismo o procedimento adotado para a produção de argamassa, que fica totalmente ao critério de operários insuficientemente instruídos.

A adoção desta nova cultura implica que os materiais constituintes do revestimento devem ser comprados por meio de uma especificação técnica adequada, o traço e o meio de dosagem da argamassa de revestimento previamente estudados e determinados por um profissional qualificado, assim como o processo executado e controlado por mão-de-obra treinada.

Contudo, para a implantação destes novos procedimentos, é necessário treinar o pessoal que executa e controla os serviços. Inclui-se tanto os profissionais de nível superior e médio, além dos oficiais e ajudantes.

O treinamento para a mão-de-obra deve esclarecer o "porque" e a "necessidade" dos novos procedimentos adotados para o processo construtivo em questão. Espera-se, com isto, a diminuição dos vícios incorporados devido a um treinamento exclusivamente empírico, aumentando assim, o conhecimento técnico.

Tendo-se em vista a importância da adoção de uma "nova cultura" para melhorar a produção de revestimento, nos itens seguintes apresenta-se, em linhas gerais, algumas recomendações estratégicas.

5.1. ÊNFASE NO PROJETO DE REVESTIMENTO

O revestimento não deve ser entendido como um detalhe ou um aspecto complementar, mas como parte de um contexto mais abrangente dos elementos que compõe uma edificação.

O bom desempenho e a durabilidade do revestimento da fachada externa de uma edificação depende de sua concepção. Para a concepção de qualquer revestimento, julga-se necessário conhecer um conjunto de fatores complementares que podem ser divididos em dois grupos: ativos e passivos.

No grupo dos fatores ativos, encontram-se aqueles que influenciam diretamente o desempenho e durabilidade do revestimento. Estes podem, ainda, ser divididos em dois sub-grupos: o dos fatores que irão atuar permanentemente no revestimento, como é o caso das condições atmosféricas (clima e poluição), e o dos fatores temporários, como são considerados aqueles que atuam apenas no momento de sua produção. Neste sub-grupo incluem-se mão-de-obra que executa os serviços da produção de revestimento, o controle efetivo das diversas etapas e o controle dos materiais constituintes.

O grupo dos fatores passivos consta de informações sobre as funções e propriedades do revestimento. As mesmas são constantes e intrínsecas a cada tipo de revestimento, uma vez que cada revestimento possui sua própria natureza.

Cabe a quem projetar o revestimento coordenar a união destes grupos de fatores, uma vez que o seu desempenho e a durabilidade frente às solicitações a que estará submetido o revestimento, bem como as definições das etapas de produção, dependem desta união.

Neste trabalho em que a abordagem é o revestimento em argamassa de cimento, cal e areia, o objetivo principal a nível de projeto, com a união destes grupos opostos, é a determinação do "Sistema de Revestimento" apropriado e, por consequência, as características da argamassa de revestimento.

A definição do "Sistema de Revestimento" implica no estudo do mecanismo de aderência do revestimento à base, do número de camadas e do acabamento final. E, com relação às características da argamassa de revestimento, implica basicamente na definição dos materiais constituintes um estudo das proporções dos materiais e do meio de dosagem.

Para o projeto de revestimento, é recomendável que as empresas disponham de um quadro técnico qualificado, ainda que seja contratada uma firma especializada. Este quadro técnico teria a função de acompanhamento constante deste processo, além de poder fazer qualquer alteração, caso necessária.

5.2. PLANEJAMENTO DAS OPERAÇÕES NO CANTEIRO DE OBRA

O planejamento das operações no canteiro de obra é uma atividade que envolve aspectos físicos e econômicos.

Os aspectos físicos envolvem o planejamento das instalações, de equipamentos e de ferramentas necessárias ao desenvolvimento da obra.

Os aspectos econômicos abrangem toda uma estratégia de execução dos diversos serviços, como o estabelecimento de fluxo dos recursos humanos, sistemas e práticas executivas, rotinas de compras e a própria sistemática de acompanhamento da obra.

O canteiro de obra deve ser planejado em função da programação das fases da obra, alterando-se durante a execução, acolhendo os materiais e equipamentos de tal forma que facilite o fluxo dos materiais desde a entrada na obra até sua aplicação. Quanto mais curta a permanência dos materiais no canteiro, melhores as condições de movimentação dos operários na obra, facilitando, assim, a execução dos serviços.

O correto planejamento do canteiro pode resultar em redução de custos e de prazos, melhor ambiente e condições mais adequadas de trabalho. No entanto, a falta de um estudo prévio para o canteiro dificulta as condições de armazenamento e transporte.

Assim, com base em RIPPER (1986), descreve-se algumas premissas a serem observadas neste planejamento:

- a) deve-se prever um bom e fácil acesso à obra para que o fornecimento de materiais e equipamentos até os locais de armazenagem seja possível até nos dias de chuva;
- b) os caminhos internos entre os depósitos de materiais e os postos de trabalhos, entre as betoneiras de preparação de argamassas e a construção, devem ser livres de entulhos, curtos, planos e em nível;
- c) a disposição dos depósitos de armazenagem, deve facilitar a retirada dos estoques em ordem contrária ao de fornecimento;
- d) os meios de transporte dos materiais devem ser escolhidos conforme os tipos e quantidades a serem transportados, considerando-se, ainda, a distância a ser percorrida. É também importante, para o bom andamento da obra, a escolha adequada do tipo de transporte vertical a ser usado, definindo-o a partir do tamanho e altura da obra e das quantidades de materiais a transportar.

Alerta-se que a experiência profissional é um dado relevante na organização de canteiros, mas muitas vezes pode-se perpetuar formas de operação que, apesar de serem consideradas práticas comuns, nem sempre são as mais econômicas e eficientes.

5.3. PROCEDIMENTOS PARA O CONTROLE E GARANTIA DA QUALIDADE DOS MATERIAIS

A importância de um controle e garantia da qualidade dos materiais é devida às variações observadas na qualidade dos mesmos e também, às perdas ocorridas no recebimento e armazenamento. Isto justifica-se também, porque, no momento em que se verificam ocorrências patológicas nos revestimentos, as primeiras atenções são dirigidas à verificação da qualidade dos materiais empregados.

Dentre os materiais constituintes da argamassa de revestimento, a areia e a argamassa básica podem ser consideradas os que mais geram perdas para as empresas de construção civil. Por isto, fazem-se algumas recomendações para reduzir as mesmas.

A fim de evitar o recebimento destes materiais com excesso de impurezas, sendo necessário para a areia, por exemplo, um consumo de mão-de-obra trabalhando no seu peneiramento para poder ser utilizada, recomenda-se:

- a) o canteiro de obra deve possuir documentação escrita definindo os critérios de aceitação e rejeição destes materiais, para que possa ser feito o seu controle de recebimento;
- b) adotar um único fornecedor e, para obter uma maior certeza quanto a qualidade deste produto, ele poderia fornecer periodicamente um certificado de garantia da qualidade.

As argamassas básicas comercializadas normalmente não possuem uma dosagem padronizada, pelo que não pode ser garantida a sua eficiência e qualidade, pois não é conhecida a proporção entre a cal e a areia do produto comercializado. Para contornar este problema, sugere-se que as mesmas sejam produzidas no canteiro de obra ou em usinas próprias das empresas. Para o transporte deste material, recomenda-se os caminhões betoneiras, pois de outra maneira, há o risco de haver uma "lavagem" da cal durante o transporte, devido ao vazamento da água que contem a cal dissolvida.

A cal, apesar de ter um emprego muito grande e diversificado na construção civil, não possui uma garantia de qualidade, a fim de que possa ser utilizada sem receios de que irá causar problemas patológicos no revestimento. De acordo com AGOPYAN (1985), muitas das cales comercializadas não atendem as especificações quanto ao teor mínimo de óxidos de cálcio, de magnésio e de impurezas, determinados pela NBR 7175 (INMETRO, 1992) que prescreve os requisitos da "Cal hidratada para as argamassas". Assim, recomenda-se aos construtores que verifiquem se a cal que estão utilizando está de acordo com a referida norma e ainda, julga-se que a adoção de um único fornecedor de cal ajudaria no seu controle de

qualidade, e este poderia, ainda fornecer periodicamente um certificado de garantia da qualidade deste produto.

Com relação aos outros materiais constituintes, o cimento, que possui um selo do Certificado de Conformidade emitido pela ABCP, requer apenas no momento de seu recebimento, a verificação do carregamento se está de acordo com a especificação técnica.

Todas as sugestões para melhorar a garantia da qualidade dos materiais constituintes da argamassa de revestimento (adoção de um único fornecedor, realização de ensaios periodicamente e a exigência de um certificado de garantia de qualidade do fornecedor) são soluções de caráter imediato, a fim de reduzir o surgimento de possíveis problemas, como fenômenos patológicos e perdas.

Estes procedimentos poderiam ser suprimidos, a partir do momento em que as empresas de construção civil exigissem um "Certificado de Conformidade" com a normalização vigente dos fornecedores dos materiais (areia, argamassa básica, cal e aditivos), a exemplo do selo emitido pela ABCP aos produtores de cimento.

O controle de qualidade dos materiais constituintes tem continuidade no seu armazenamento, sobre o qual faz-se algumas prescrições importantes a seguir:

- a) a areia deve ser armazenada evitando seu espalhamento e contaminação por impurezas, e ser coberta com plástico ou lona após o uso, para evitar um umedecimento excessivo;
- b) no armazenamento da argamassa básica deve ser evitado a "lavagem" da cal pela passagem de um fluxo constante de água, como por exemplo, a água de chuva, permanecendo, no entanto, a mistura saturada;
- c) os sacos de cimento e cal devem ser armazenados em local seguro de umidade e em pilhas não superiores a 10 sacos;
- d) quanto aos aditivos, o procedimento a ser adotado no seu armazenamento, deve atender às orientações do fabricante.

5.4. RECOMENDAÇÕES PARA A RACIONALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA

De nada adiantará ter bons agregados e aglomerantes, caso o construtor não domine os conhecimentos sobre as proporções dos componentes (traço).

As empresas de construção devem buscar para as argamassas de revestimento uma dosagem racional dos materiais constituintes, através de traços especificados em projeto e de um meio de dosagem (peso ou volume) que seja de fácil adaptação para a mão-de-obra

envolvida neste serviço. Considera-se importante também, uma conscientização desta mão-de-obra, de forma que esta compreenda os procedimentos que estão sendo adotados.

A racionalização da produção de argamassa é também influenciada por um "lay-out" de canteiro de obra adequado. Deve-se planejar desde a posição da betoneira em relação ao local de armazenamento dos materiais, o meio de transporte dos materiais até a betoneira e da argamassa de revestimento ao local de sua aplicação. Este planejamento deve permitir fluxo dos materiais e da argamassa de revestimento compatível com a produção requerida num dado momento da obra ou seja, a produção de argamassa deve acompanhar o ritmo de trabalho da equipe que executa o revestimento.

Apesar de ser generalizado o uso da betoneira para a produção de argamassa, a mesma não é adequada para este serviço, sendo recomendado o uso de um equipamento específico denominado de argamasseira; além deste equipamento, deve-se adquirir outros apropriados para o transporte dos materiais e da argamassa de revestimento sem que ocorram perdas.

As recomendações até então, sempre envolveram a produção de argamassa no próprio canteiro de obra. No entanto, a fim de melhorar o controle dos materiais e a dosagem, sugere-se a produção da argamassa em usinas próprias das empresas, pois desta maneira seria um serviço a menos no canteiro de obra, devendo ser cuidado apenas o transporte da usina até a obra e depois para o local de sua aplicação.

5.5. PROCEDIMENTOS PARA A EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO

Como primeira regra para este serviço, as empresas devem ter uma discriminação técnica do serviço de revestimento, onde descreve-se todas as etapas de execução, desde a preparação da base até o procedimento de aplicação de cada camada e de cura do mesmo, a fim de que se possa inserir os serviços deste processo na programação global da obra e facilitar o seu controle após terminada cada etapa.

Recomenda-se ainda que haja uma avaliação diária da quantidade em metros quadrados de fachada que pode ser revestida, durante a jornada de um dia de trabalho pela equipe de execução de revestimento ou por um único pedreiro, tendo como critérios para esta avaliação a capacidade de execução (m^2/dia) dos mesmos e as condições climáticas. Espera-se que com este procedimento, haja um controle maior na produção da argamassa, pois a quantidade de argamassa produzida poderia ser quantificada com uma maior precisão, evitando assim o desperdício. E, além disso, deve-se realizar uma avaliação diária da qualidade do revestimento executado, principalmente quanto às espessuras fora de especificação, o que resulta em uma nova determinação das referências do plano de revestimento.

Quanto à mão-de-obra, esta deve receber um treinamento para um aprimoramento das suas habilidades e ser conscientizada para cumprir as etapas de execução do revestimento determinadas em projeto. O canteiro de obra deve dispor para este serviço, de todas as ferramentas necessárias.

5.6. PADRONIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS NA EMPRESA

A padronização de procedimentos na empresa pode ser feito através da difusão de normas técnicas vigentes (vide anexo C), junto ao seu quadro técnico. Este por sua vez, desenvolverá normas técnicas internas para a empresa, que caracterizariam o seu padrão de qualidade.

Com base em SILVA (1991), prescreve-se algumas iniciativas para a normalização técnica e interna de uma empresa:

- a) o desenvolvimento e implantação de sistemas de controle da qualidade envolvendo qualificação de projetistas e fornecedores, controle de recebimento, armazenamento e preparo de materiais, controle da execução de serviços;
- b) o planejamento adequado das atividades de implantação do canteiro, circulação e transporte interno e armazenamento de materiais, equipamentos e ferramentas;
- c) a retirada de operações do canteiro através da produção de materiais e componentes em centrais contíguas ao local da obra ou da compra de materiais e componentes pré-fabricados e
- d) o desenvolvimento de instrumentos e ferramentas de trabalho adequadas à redução do esforço humano necessário à execução das operações e de equipamentos auxiliares que possibilitem uma melhora na qualidade dos serviços resultantes (andaimes para revestimento, etc...).

O desenvolvimento de normas internas não abrange apenas o setor técnico. Deve também prescrever os procedimentos para o setor administrativo da empresa, como o sistema de compra dos materiais, se diretamente pelo canteiro de obra ou pelo escritório mediante requisição (lembra-se que o critério para a compra é a especificação técnica), além da contratação de subempreiteiras e de mão-de-obra, modelos de formulários para requisições registros e toda a documentação necessária ao gerenciamento da obra.

COMENTÁRIOS FINAIS

Da revisão bibliográfica sistematizada nos capítulos I e II, pode-se depreender que o estudo da Produção de Revestimento em Argamassa de Cimento, Cal e Areia no Brasil, ainda é recente.

E isto torna-se evidente quando verifica-se que a maioria das referências bibliográficas nacionais, que descrevem especificamente as etapas desse processo, datam dos anos 50 e 60, período em que, na indústria da construção civil a exemplo de outras indústrias, ocorre a sistematização dos diversos procedimentos para a execução de uma edificação, dando origem aos manuais de construção. Os procedimentos até então conhecidos e sistematizados, foram os deixados como herança dos grandes mestres espanhóis, italianos e portugueses, que tinham seus trabalhos reconhecidos no início do século por serem requintados.

Não se quer menosprezar os conhecimentos descritos nos antigos manuais de construção, mas sim alertar que para os nossos dias, não atendem as exigências da indústria da construção civil, a começar pela grande diversidade de novos materiais de construção comercializados, que não existam naquela época e, também, por serem limitados nas informações técnicas sobre os diversos processos construtivos.

Quanto aos textos técnicos nacionais mais recentes, são poucos e inadequados, a começar pela NBR 7200 (INMETRO, 1982) que prescreve as diretrizes para revestimento de paredes e tetos com argamassa de cimento, cal e areia, sobretudo porque apresentam apenas especificações quanto aos materiais e quase nada sobre procedimentos de execução.

Para contornar esta limitação, recorreu-se à literatura internacional na tentativa de transcrevê-la, buscando-se uma adaptação para a realidade brasileira.

Conclui-se, assim, que o resultado obtido da sistematização das bibliografias nacionais e internacionais sobre a produção de revestimento atendeu satisfatoriamente as expectativas para análise dos procedimentos adotados na produção de revestimento pelas empresas de construção civil de Porto Alegre e para as propostas para melhoramento deste processo construtivo.

Contudo, tem-se a consciência de que este trabalho, ainda é o início de todo um esforço para o domínio efetivo da tecnologia deste processo construtivo, pois constatou-se na análise e nas propostas para o capítulo III, ambas com base na sistematização dos capítulos I e

II, a existência de lacunas que precisam ser preenchidas. E é por meio desta constatação que sugere-se diretrizes para estudos subseqüentes:

- a) estudar composições de traços para a argamassa básica, além da criação de um ensaio expedito para a verificação no canteiro de obra sua real composição;
- b) estudar o efeito dos aditivos comercializados e utilizados nas argamassas de revestimento, visto que seu uso é crescente e indiscriminado;
- c) estudar os intervalos de tempo necessários para a mistura da argamassa, de modo que a mistura fique homogênea e que ocorra um mínimo de incorporação de ar, verificando o efeito na resistência mecânica do revestimento;
- d) estudar detalhes construtivos adaptados a realidade da construção civil brasileira, com os respectivos critérios de sua utilização;
- e) a partir da sistematização de todas as etapas da produção de revestimento, estudar a quem de fato cabe a responsabilidade de cada etapa deste processo;
- f) estudar meios de controle para cada etapa do processo de execução do revestimento, além de parâmetros para o controle de qualidade do produto final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOPYAN, V. A cal na engenharia civil. In: REUNIÃO ABERTA DA INDÚSTRIA DA CAL NA ENGENHARIA CIVIL, 5, 1985. São Paulo. *Anais*. São Paulo: EPUSP, 1985. p. 27-33.
- _____. A importância da pureza dos agregados para argamassas e concretos. In: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO Escola Politécnica. *Engenharia Civil: engenharia de construção civil*. São Paulo, 1988. (Anais EPUSP. Série A, v. 1, pt.5) p.129-148.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard specification for mortar unit Masonry: C 270 - 89. In:----. *Annual Book of ASTM Standards*. Philadelphia, Pa, 1991. v.04.05, p. 186 - 196.
- _____. Standards specification for application of portland cement-based plaster: C 926 - 90. In: ----. *Annual Book of ASTM Standards*. Philadelphia, Pa, 1991. v.04.01, p. 430 - 438.
- _____. Standard practice for Construction of dry-stacked, surface-bonded walls: C 946 - 91. In: ----. *Quarterly standards update service*. Philadelphia, Pa, 1984, 3p.
- AMMAR, Ch. Agents D'Agression Exterieurs Definition des Agents Meteorologiques. In: RILEM/ASTM/CIB *Symposium on Evolution of the Performance of External Vertical Surfaces of Buildings*. Helsinki, RILEM/ASTM/CIB, 1977.
- ARGAMASSAS: O bom desempenho depende do preparo da superfície e da correta aplicação. *Revestimento*, São Paulo, Pini, p.8-16, ago. 1983.
- BÁRING, J.G.A. Isolação sonora de paredes e divisórias. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Divisão de Edificações. *Tecnologia de edificações*. São Paulo: Pini, 1988. p. 429-34.
- BAUER, E. *Resistência a penetração da chuva em fachadas de materiais cerâmicos, uma análise de desempenho*. Porto Alegre: CPGEC/1987. Dissertação (mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, UFRGS.
- BEALL, C. A guide to mortar admixtures. *MORTAR*, How to specify and use masonry mortar, p. 36 -38, 1990. (A collection of articles from "Aberdeen's Magazine of masonry construction").
- BERTO, A.F. Resistência ao fogo. In: INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DE SÃO PAULO. Divisão de Edificações. *Tecnologia de Edificações*. São Paulo: Pini, 1988. p. 361-364.

- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. *Mortar plasticizers: BS 4887 - Part 1 Mortar admixtures, specification for air-entraining (plastering) admixtures*. London, 1986. 12p.
- _____. *External rendered finishes: BS 5262*, London, 1976. 21 p. (Code of Practice 221).
- _____. *Guide to building maintenance management: BS 8210*, London, 1986. 48p.
- _____. *Guide to specifying the quality of buiding mortars: PD 6472*, London, 1974. 14p.
- BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT - BRE. *External walls: rendering - resisting rain penetration*. Garston, BRE, Oct. 1983. b. 2p. (Defect Action Sheet - Design, 37).
- CABRAL, E.C. *Proposta de metodologia de orçamento operacional para obras de edificação*. Florianópolis: PPEP, 1988. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - UFSC.
- CARDÃO, C. *Técnica da Construção 2ed*. Belo Horizonte: Edições, Arquitetura e Engenharia, 1969.
- CARICCHIO, L.M. *Construção civil*. Rio de Janeiro: Olimpia, 1957. v.3, p.62-79.
- CASTRO, E.K. Argamassas semi-preparadas. In: SEMINÁRIO SOBRE ARGAMASSAS, 1985, São Paulo. *Anais: IBRACON*, 1985. p.1-3.
- CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT. Réalisation de revêtements par projection pneumatique de fibres minérales avec liant (cahier des clauses techniques). *Cahiers du CSTB*, Paris, n.303, cahier 2362, 15p., oct 1989. (Document technique unife, 27.1)
- _____. Classification des caractéristiques des enduits d'imperméabilisation de façade. *Cahiers du CSTB*, Paris, n.307, cahier 2401, 4p. mars 1990.
- _____. Conditions générales d'emploi et de mise en oeuvre des enduits d'imperméabilisation de murá base de liants hydrauliques faisant l'objet d'un avis technique. *Cahiers du CSTB*, Paris, n. 230, cahier 1777, 7p. juin 1982.
- _____. Définition et classification des ouvrages de revêtement extérieur de façades en maçonnerie ou en béton. *Cahiers du CSTB*, Paris, n. 206, cahier 1633, 5p. jan./fév. 1980.
- _____. Enduits extérieurs d'imperméabilisation de mur à base de liant hydraulique. *Cahiers du CSTB*, Paris, CSTB, n. 317, cahier 2477, 8p. mars. 1991.
- _____. Note d'information sur les caractéristiques et le comportement des enduit extérieurs d'imperméabilisation de mur à base de liants hydrauliques. *Cahier du CSTB*, Paris, n. 230, cahier 1778, 3p. juin 1982.
- CENTRE SCIENTIFIQUET ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION - CSTC. Comment éviter les dégats. *CSTC Revue*, Bruxelles, n. 3, p. 1-10, sept. 1978.
- CENTRO DE INVESTIGACION DE LA CONSTRUCCION INDUSTRIALIZADA EN EL HABITAT - CICIHA. *Aptitud de morteros*, San Martin, 1978. (Resumenes de orientacion, n.37)

- CINCOTTO, M.A. *Patologia das argamassas de revestimento - análise e recomendações*. São Paulo: IPT, 1983. (Monografias, 8 - Publicação n. 1252).
- DAL MOLIN, D.C.C. *FISSURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO. Análise das Manifestações Típicas e Levantamento de Casos Ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CPGEC, 1988. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, UFRGS.
- DAWANCE, G. Vues generales sur les performances des materiaux constituant les surfaces exterieures verticales des batiments. In: RILEM/ASTM/CIB *Symposium on Evolution of the Performance of External Vertical Surfaces of Buildings*. Helsinki, RILEM/ASTM/CIB, 1977.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. *Plasters, Terminology and requirements: DIN 18550 - Part1*. Berlin, Jan. 1985.
- _____. *Plaster, Plasters made of mortars containing mineral binders application: DIN 18550 - Part 2*. Berlin, DIN, Jan. 1985.
- D'HAVÉ, R. Session 2. Factors affecting external vertical surfaces. General Report. In: RILEM/ASTM/CIB *Symposium on Evolution of the Performance of External Vertical Surfaces of Buildings*. Helsinki, RILEM/ASTM/CIB, 1977.
- DORFMAN, G. & PETRUCCI, H. M. C. Recomendações para projeto de fachadas com vistas a sua maior durabilidade e facilidade de manutenção. In: SIMPÓSIO SOBRE PATOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES - PREVENÇÃO E RECUPERAÇÃO, 1989, Porto Alegre, *Anais...* Porto Alegre: CPGEC/ UFRGS, p.251-262.
- ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - EPUSP. *Recomendações para a execução de revestimento de argamassas para paredes de vedação e tetos*. São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP, ago. 1988. (Documento 1.f, Projeto EP/EN-1).
- FARAH, M.F.S. *Tecnologia, processo de trabalho e construção habitacional*. São Paulo: USP, 1992. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Filosofia, Departamento de Ciências Sociais.
- FIORITO, A.J.S.J. Rendimento das argamassas. *A construção em São Paulo*, São Paulo, Pini, n.1922, p.19-22, dez.1984.
- FORMOSO, C.T. et al. *PERFIL DA CONSTRUÇÃO CIVIL: Diagnóstico e perspectivas das empresas do SINDUSCON no Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil (NORIE), 1992. 41p. (Relatório Final)
- HELENE, P.R.L. & SOUZA, R. de. Controle da qualidade na indústria da construção civil. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Divisão de Edificações. *Tecnologia de Edificações*. São Paulo: Pini, 1988, p.537-542.

- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. NBR 7200 *Revestimento de paredes e tetos com argamassas* - Materiais, preparo, aplicação e manutenção - Procedimento. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
- LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL - LNEC. Manchas de vegetação parasitária em paramentos rebocados de alvenaria. Lisboa, 1954. (Circular de Informações Técnicas, 18).
- _____. Revestimentos para paramentos interiores de paredes de alvenaria de blocos de betão celular autoclavado. Lisboa, 1987. v.2, cap.8, p. 209-228: Regras de execução de revestimentos de ligantes hidráulicos em paredes de alvenaria de blocos de betão celular autoclavado. (LNEC - Proc. 83/11/7334).
- LEJEUNE, C. Les enduits D'imperméabilisation a base de liants hydrauliques. *CSTB - MAGAZINE*, n. 8, p.2-14, Juil - Août 1982.
- MEDEIROS, J.S. *Pesquisa complementares: estudos sobre a técnica executiva de revestimentos de argamassa e seu controle de qualidade*. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP, 1988. (Documento 1.f, Projeto EP/EN-1).
- NEVILLE, A.M. *Propriedades do concreto*. São Paulo: Pini, 1982. 783p.
- NORMAS TECNOLÓGICAS DE LA EDIFICACIÓN - NTE: RPE *Revestimentos de paramentos: enfoscados*. Dirección General para la Vivienda y Arquitectura, Madrid, p. 29-41, 1989.
- OLIVEIRA, H. P. *Uma introdução para o emprego racional das argamassas nos edifícios*. Salvador: Universidade da Bahia, 1959. 54 p.
- PEREZ, A. R. Umidade nas edificações: recomendações para a prevenção da penetração de água pelas fachadas (1ª parte). In: INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Divisão de Edificações. *Tecnologia de Edificações*. São Paulo: Pini, 1988. p.371-574.
- PIANCA, J.B. *Manual do construtor*. Porto Alegre: Globo, 1967, v.1 p.43, p.198, p.214, p.635.
- PORTLAND CEMENT ASSOCIATION - PCA. *Special concretes, mortars, and products*, cap 6., p. 89 -110, 1975.
- _____. *Portland cement plaster (stucco) manual*, 31p., 1980.
- PRIMIANO, J. *Curso practico de edificacion* 8. ed. Buenos Aires: Construcciones Sudamericanas, 1958. p.401-12.
- RAES, A. C. *Acustica arquitectonica*. Buenos Aires, Víctor Leru, 1953. 217p.
- RIPPER, E. *Como evitar erros na construção*. São Paulo: Pini, 1977, p. 60-61.
- _____. *Tarefas do engenheiro na obra*. São Paulo: Pini, 1986, p. 18-20.

- RIVERO, R. *Arquitetura e clima, acondicionamento térmico natural*. Porto Alegre: D. C. Luzzatto, 1986 p. 33-50, p. 207-8.
- SELMO, S.M.S. Agregados miúdos para argamassas de revestimento. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE AGREGADOS, 1., 1986, São Paulo. *Anais...* São Paulo: EPUSP, 1986. p. 27-43.
- _____. *Dosagem de argamassas de cimento Portland e cal para revestimento externo dos edifícios*. São Paulo: CPGECC/EPUSP, 1989. Diss. Mestr.
- SIEGRIST, A. Pathologie de la construction "les enduits". *Journal de la Construction de la Suisse Romande*, n. 21, p. 1571, nov. 1959.
- SILVA, M.A.C. *Execução de revestimentos com argamassa: diretrizes para racionalização e controle da qualidade*. São Paulo: Centro de Tecnologia de Edificações - CTE, 1991, 24p.
- _____. *Racionalização da construção: a evolução tecnológica e gerencial no Brasil*. São Paulo: Centro de Tecnologia de Edificações - CTE, 1991, 13p.
- SILVA, M.R. *Materiais de construção*. São Paulo: Pini, 1985. 266p.
- SOUZA, R. & FLAUZINO, W.D. Nota-se, hoje, pouca preocupação com custo e desempenho dos materiais, *Revestimentos*, São Paulo, Pini, p. 6-7 ago. 1983.
- STANDARDS ASSOCIATION OF AUSTRALIA *Australian standard code of recommended practice for internal plastering on solid backgrounds: CA.27*. Sydney, 1959. 19p.
- TANGO, C.E.S. Materiais: tecnologia e controle. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA - ABCI. Manual técnico de alvenaria. São Paulo, 1990. p.143-155
- VARGAS, N. *Organização do Trabalho e Capital, um estudo da construção habitacional*. Rio de Janeiro, COPPE, 1979. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - UFRJ.

ANEXOS

ANEXO A

QUESTIONÁRIO UTILIZADO NAS ENTREVISTAS COM AS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DE PORTO ALEGRE

A.1 - CONSIDERAÇÕES

O questionário utilizado como base nas entrevistas é dividido em três partes, formadas por perguntas referentes aos materiais, à produção de argamassa e sobre a execução dos revestimentos de argamassa.

A.2 - O QUESTIONÁRIO

A.2.1 - Materiais:

- Quem é o responsável pelo levantamento quantitativo do material de revestimento?
- Quem faz a compra e como é feita?
- Como é feito o controle de recebimento dos materiais? São realizados ensaios?
- Quais os critérios de aceitação ou rejeição?
- Quais as condições de armazenamento dos materiais?

A.2.2 - Produção:

- Que tipos de operários estão envolvidos no preparo da argamassa de revestimento?
- Quem é o responsável pelo controle da produção da argamassa de revestimento?
- Como é feita a mistura dos materiais?

A.2.3 - Execução:

- Quem define a metodologia empregada para execução dos serviços de revestimento?

- Como é feita a preparação da base? Para este serviço é utilizada uma equipe específica?

- Quanto tempo é deixado entre a execução das camadas de chapisco e emboço, e de emboço e reboco?

- Quem controla as etapas de execução do revestimento de argamassa? Como é feito o controle?

- Qual a espessura média do revestimento de argamassa nesta obra?

- Nos revestimento de argamassa são executados detalhes construtivos?

ANEXO B

COLETÂNEA DAS RESPOSTAS DAS ENTREVISTAS COM AS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DE PORTO ALEGRE

B.1 - CONSIDERAÇÕES

A coletânea das respostas das entrevistas com as empresas de construção civil de Porto Alegre aqui apresentada, estão descritas por empresa, estas por sua vez, foram identificadas da letra A até a R e separadas por grupos, em que o Grupo I compreende as empresas da letra A até L, o Grupo II as empresas da letra M até O e o Grupo III as empresas Q e R, seguindo os critérios descritos no item 3.2.2

B.2 - GRUPOS DE EMPRESAS

B.2.1 - Empresas do Grupo I

B.2.1.1 - Empresa A

a) Materiais

O levantamento quantitativo dos materiais era feito pelo engenheiro da obra, e a compra pelo escritório, como critério o preço de mercado.

O controle de recebimento do cimento era feito através da verificação da quantidade especificada e a areia pela cubagem e inspeção visual. A areia era armazenada sem proteção e o cimento em local protegido.

b) Produção

Na produção da argamassa estavam envolvidos serventes, e o controle era feito pelo mestre. A mistura era mecânica.

c) Execução

A metodologia empregada era definida pelo mestre; a base não recebia tratamento; o intervalo de tempo para aplicação era de 3 dias no mínimo entre as camadas de chapisco e massa única e 60 dias entre a massa única e a pintura.

O controle deste serviço era visual e feito pelo mestre.

Sem detalhes construtivos.

Observações:

- toda a areia utilizada nesta obra era peneirada;
- constatou-se a utilização de aditivo substitutivo da cal.

B.2.1.2 - Empresa B

a) Materiais

O levantamento quantitativo era feito pelo mestre, e a compra pelo escritório por solicitação da obra; o critério era o preço de mercado.

O controle de recebimento da argamassa básica era feito por inspeção visual e para o cimento não havia.

A argamassa básica era armazenada em local protegido da chuva e o cimento também.

b) Produção

Na produção de argamassa estavam envolvidos serventes, e o mestre controlava.

A mistura era mecânica.

c) Execução

A metodologia empregada era definida pelo mestre e o engenheiro da obra; a base não recebia tratamento; o intervalo de tempo para a aplicação das camadas era de 24 h entre o chapisco e massa única, e 30 dias no mínimo para aplicar o selador e a pintura.

O controle deste serviço era feito pelo mestre, através da inspeção visual.

A espessura estimada para o revestimento foi de 1,5 a 2,0 cm.

Sem detalhes construtivos.

B.2.1.3 - Empresa C

a) Materiais

O levantamento quantitativo era feito pelo engenheiro residente de acordo com o orçamento.

A compra era feita pelo escritório, tendo como critério o preço de mercado.

O controle de recebimento do cimento era feito pela verificação da quantidade especificada e para a areia e argamassa básica não havia controle.

A argamassa básica e a areia eram armazenadas em local sem proteção e o cimento em local protegido.

b) Produção

Na produção da argamassa estavam envolvidos os serventes, sob orientação e controle do mestre.

A mistura era mecânica.

c) Execução

A metodologia empregada era definida pelo engenheiro residente; na base de concreto eram retiradas as pontas de ferro e na alvenaria as rebarbas da argamassa de assentamento; o intervalo de tempo para a aplicação das camadas do revestimento era de 48 h entre chapisco e o emboço e 48 h entre o emboço e o reboco.

O controle destes serviços era feito pelo mestre através de prumadas.

A espessura média estimada do revestimento foi de 3 a 5 cm.

Sem detalhes construtivos.

Observações:

- no caso de vir areia errada para esta obra, como por exemplo, areia fina no lugar da grossa, esta era utilizada ou misturada com a outra para evitar a perda do material;

- no caso da areia chegar suja na obra ela era limpa através de peneiramento ou manualmente retirando os torrões de barro.

B.2.1.4 - Empresa D

a) Materiais

O engenheiro da obra fazia o levantamento quantitativo e a compra dos materiais, através do preço de mercado.

O controle de recebimento do cimento era feito pela verificação da quantidade especificada e da argamassa básica era por inspeção visual.

O cimento era armazenado em local protegido e a argamassa básica em local sem proteção.

b) Produção

Na produção da argamassa estavam envolvidos o pedreiro e o servente. O controle era feito pelo mestre.

A mistura dos materiais era mecânica.

c) Execução

A metodologia empregada para este serviço era definida pelo engenheiro da obra; na base de concreto eram retiradas as pontas de ferro e o intervalo de tempo de aplicação entre as camadas era de 4 a 5 dias entre chapisco e massa única e mais de 10 dias entre massa única e fulget.

O controle deste serviço era executado pelo engenheiro da obra, com uma régua de alumínio de comprimento de 3 a 6 m, com o que verificava a planeza do revestimento.

A espessura estimada do revestimento de argamassa foi de 2,5 cm.

Sem detalhes construtivos.

B.2.1.5 - Empresa E

a) Materiais

O levantamento quantitativo e a compra dos materiais eram feitas pelo engenheiro da obra; o critério para compra era o preço de mercado.

O controle de recebimento do cimento e da cal era feito pela verificação da quantidade especificada e da areia era por inspeção visual, feita pelo mestre.

O cimento e a cal eram armazenados em local protegido e a areia armazenada sem proteção.

b) Produção

Na produção da argamassa todos os operários eram envolvidos: mestre, pedreiro, ferreiro e marceneiro, e o controle era feito pelos mesmos.

A mistura era mecânica

c) Execução

A metodologia era definida pelo engenheiro da obra; a base não

recebia preparação e o intervalo de aplicação entre camadas era de 24 h para o chapisco e o emboço e 30 dias para a massa única e a pintura.

O controle destes serviços era feito pelo mestre e engenheiro da obra.

A espessura média estimada foi de 1,5 a 2 cm.

Sem detalhes construtivos.

Observações:

- esta obra funcionava para a empresa como "válvula de scape" para a mão-de-obra ociosa que estava em outras obras.

B.2.1.6 - Empresa F

a) Materiais

O escritório era o responsável pelo levantamento e compra dos materiais, através do preço de mercado.

O controle de recebimento do cimento era feito através da verificação da quantidade especificada e da areia e argamassa básica, visualmente.

A argamassa básica e areia eram armazenadas sem proteção e o cimento em local protegido.

b) Produção

Na produção da argamassa estavam envolvidos serventes e o controle era feito pelo mestre.

A mistura era mecânica.

c) Execução

A metodologia empregada era definida pelo engenheiro da obra; na base de concreto eram retiradas as pontas de ferro e na alvenaria não havia preparação. Os intervalos de aplicação entre camadas eram de 48 h entre chapisco e massa única e 60 dias entre massa única e a pintura.

O controle destes serviços era feito pelo mestre e o engenheiro, por inspeção visual.

A espessura média estimada foi de 4 a 5 cm.

Sem detalhes construtivos.

B.2.1.7 - Empresa G

a) Materiais

O levantamento quantitativo e a compra dos materiais eram feitos pelo engenheiro da obra; o preço de mercado era o critério para compra.

O controle de recebimento do cimento era feito pela verificação da quantidade especificada e para a argamassa básica e areia, através de inspeção visual, ambos pelo mestre.

A argamassa básica e a areia eram armazenadas sem proteção e o cimento em local protegido.

b) Produção

Na produção da argamassa estavam envolvidos serventes, e o controle era feito pelo mestre e engenheiro da obra.

A mistura era mecânica.

c) Execução

A metodologia empregada era definida pelo mestre; a base não recebia uma preparação; o intervalo para aplicação entre camadas era de 3 dias entre o chapisco e massa única e 10 dias entre a massa única e a cerâmica.

O controle dos serviços era feito pelo mestre, visualmente.

A espessura média estimada do revestimento de argamassa foi de 2,5 a 3,0 cm.

Sem detalhes construtivos.

B.2.1.8 - Empresa H

a) Materiais

O levantamento quantitativo era feito pelo engenheiro residente e a compra pelo escritório com o critério do preço de mercado.

O controle de recebimento do cimento era feito pela verificação da quantidade especificada e para areia por inspeção visual, ambos pelo mestre.

O armazenamento da areia era feito sem proteção e o cimento em local protegido.

b) Produção

Na produção estavam envolvidos o servente e o mestre, que fazia o controle.

A mistura era mecânica.

c) Execução

A metodologia empregada era definida pelo engenheiro residente; a base recebia um tratamento de limpeza e o intervalo de tempo para aplicação das camadas era de 24 h entre o chapisco e a massa única e 72 h entre massa única e o granito.

O controle das etapas era feito pelo mestre, por inspeção visual.

A espessura estimada do revestimento de argamassa foi de 1,5 a 2,0 cm.

Sem detalhes construtivos.

Observações:

- esta obra utilizava aditivo substitutivo da cal;

- a fim de facilitar a aplicação do aditivo, o aditivo foi dissolvido em água num tonel. No entanto, o tonel não estava devidamente sinalizado, além de que ao seu lado havia outro tonel com água para uso geral. Durante a visita a obra foi observado que os serventes utilizavam a água com aditivo para outras funções, como limpar ferramentas.

B.2.1.9 - Empresa I

a) Materiais

O levantamento quantitativo e a compra dos materiais eram feitos pelo engenheiro residente; ele adotava como critério para compra o preço de mercado.

O controle de recebimento era feito pelo mestre, sem critérios para a areia ou argamassa e, para o cimento, verificava a quantidade.

A areia e argamassa básica eram armazenadas sem proteção e o cimento em local protegido da umidade.

b) Produção

Na produção da argamassa estavam envolvidos serventes qualificados e o controle era feito pelo mestre.

A mistura era mecânica.

c) Execução

A metodologia empregada era definida pelo engenheiro residente; a base não recebia preparação, e o intervalo de tempo entre camadas para aplicação era de 24h entre o chapisco e o emboço e 6h entre o emboço e reboco.

O controle era feito pelo engenheiro residente e o mestre, através da inspeção visual.

A espessura média estimada do revestimento foi de 3,5 a 4,0 cm.

Sem detalhes construtivos.

B.2.1.10 - Empresa J

a) Materiais

O levantamento quantitativo era feito pelo engenheiro da obra e a compra pelo escritório, que adotava o critério de preço de mercado.

O controle de recebimento dos materiais era feito pelo mestre; para o cimento era verificada a quantidade especificada e para a areia e argamassa básica era feita uma inspeção visual.

A argamassa básica e areia eram armazenadas sem proteção e o cimento em local protegido.

b) Produção

Na produção de argamassa estavam envolvidos os serventes e o controle pelo mestre.

A mistura era mecânica.

c) Execução

A metodologia empregada era definida pelo engenheiro da obra; a base não recebia preparação, e o intervalo de tempo para aplicação das camadas era de até 4 dias entre o chapisco e massa única e 60 dias entre a massa única e a pastilha.

As etapas destes serviços eram controladas pelo engenheiro da obra.

A espessura média estimada foi de 2,5 cm.

Sem detalhes construtivos.

B.2.1.11 - Empresa K

a) Materiais

O levantamento quantitativo dos materiais era feito pelo mestre da obra, e a compra pelo escritório, que tinha como critério o preço de mercado.

O controle de recebimento era feito pelo responsável do almoxarifado segundo sua experiência.

A areia e argamassa básica eram armazenadas sem proteção e o cimento ao abrigo seguro de umidade.

b) Produção

Na produção de argamassa estavam envolvidos o servente, e o controle era feito pelo mestre. Mistura mecânica dos materiais.

b) Execução

A metodologia empregada era definida pelo pedreiro; a base não recebia tratamento, e o tempo deixado entre camadas para aplicação foi de 3 dias entre chapisco e massa única e 1 mês entre a massa única e a pintura.

O controle das etapas era feito pelo mestre, visualmente

Espessura média estimada foi de 1,5 a 2,0 cm.

Não foram observados detalhes construtivos.

B.2.1.12 - Empresa L

a) Materiais

O levantamento quantitativo tomava por base o orçamento e o planejamento da obra e a compra dos materiais eram feitos pelo escritório, de acordo com o preço de mercado.

O recebimento era feito pelo mestre da obra; para o cimento não havia critérios e para a argamassa básica era verificada a cubagem do caminhão.

A areia e a argamassa básica eram armazenadas sem proteção e o cimento em local protegido.

b) Produção

Na produção da argamassa estavam envolvidos mestre e serventes. O mestre era o responsável pela produção.

Havia a mistura manual dos materiais.

c) Execução

A metodologia empregada era definida pelo mestre; a base não recebia tratamento, e o intervalo de tempo para a aplicação das camadas era de 24 h entre o chapisco e o emboço e 24 h entre o emboço e o reboco.

O controle das etapas era feito pelo mestre, através de prumada e visualmente.

A espessura média estimada foi de 4 a 5 cm.

Sem detalhes construtivos.

B.2.2 - Empresas do Grupo II

B.2.2.1 - Empresa M

Nesta empresa foram visitadas três obras, as respostas dos respectivos questionários estão identificadas por M1, M2 e M3.

Empresa M1

a) Materiais

O levantamento quantitativo era feito pelo engenheiro da obra e a compra pelo escritório por solicitação da obra.

Todos os materiais eram recebidos pelo mestre segundo seus critérios; na dúvida quanto à qualidade do material, o engenheiro da obra era consultado.

O cimento era armazenado em local seguro e a argamassa básica e a areia sem proteção.

b) Produção

Na produção estavam envolvidos serventes e o mestre para controle.

A mistura era mecânica.

c) Execução

A metodologia empregada era definida pelo mestre; a base não recebia tratamento, e o intervalo de tempo para aplicação das camadas era de 24 h entre o chapisco e a massa única e 1 semana entre a massa única e o selador.

O controle dos serviços era feito pelo mestre e engenheiro, por inspeção visual; na dúvida era verificada a prumada.

A espessura estimada era de 5 cm.

Sem detalhes construtivos.

Empresa M2**a) Materiais**

O levantamento quantitativo era feito pelo engenheiro residente e a compra pelo escritório.

O controle de recebimento era feito pelo mestre: o cimento era através da verificação da quantidade especificada, e a argamassa básica e a areia por inspeção visual, para evitar mercadoria com impurezas em excesso.

O cimento era armazenado em local seguro e a areia e a argamassa básica em local sem proteção.

b) Produção

Na produção da argamassa estavam envolvidos serventes, e o controle era feito pelo mestre e o engenheiro residente.

A mistura era mecânica.

c) Execução

A metodologia era definida pelo mestre; a base não recebia preparação e o intervalo de tempo para aplicação entre camadas era de 24 h entre chapisco e massa única e 5 dias entre massa única e pintura.

O controle era feito pelo mestre e engenheiro residente.

A espessura estimada do revestimento era 2,0 a 2,5 cm.

Sem detalhes construtivos.

Empresa M3**a) Materiais**

O levantamento quantitativo era feito pelo engenheiro residente e a compra era feita pelo escritório mediante solicitação da obra.

O controle de recebimento era feito pelo mestre: para o cimento era verificada a quantidade especificada e para a argamassa básica e areia era feita uma inspeção visual.

O cimento era armazenado em local protegido e areia e a argamassa básica em local sem proteção.

b) Produção

Estavam envolvidos na produção serventes controlados pelo mestre.

A mistura era mecânica.

c) Execução

A metodologia era definida pela experiência do pedreiro; a alvenaria de tijolo cerâmico era lavada, e o intervalo de tempo para aplicação era de 3 dias entre o chapisco e a massa única, e entre a massa única e a pintura era definido pela secagem da parede.

O controle era feito pelo engenheiro residente, através de inspeção visual.

A espessura média estimada foi de 1,5 a 2,0 cm.

Sem detalhes construtivos.

Observação:

- foi constatado que esta empresa possuía uma tabela padrão para traços de diversas argamassas, assentamento de alvenaria, pastilha, azulejos e de revestimentos (chapisco, emboço e reboco), porém não foi verificado a utilização desta tabela nas suas obras.

B.2.2.2 - Empresa N**a) Materiais**

O levantamento quantitativo era feito pelo engenheiro e estagiário, a compra pelo escritório por solicitação da obra.

O controle do recebimento era feito pelo mestre, para o cimento e a cal era observada a existência de sacos empedrados, e para a areia era feita uma inspeção visual, para observar excessos de impurezas.

O cimento e a cal eram armazenados em local protegido e a areia em local sem proteção.

b) Produção

Na produção estavam envolvidos serventes e o controle era feito pelo encarregado da equipe. Mistura mecânica dos materiais.

c) Execução

A metodologia empregada de execução era definida pelo engenheiro residente; na base de concreto eram retirados os as pontas de ferro, e na alvenaria não havia preparação; o intervalo de tempo para aplicação das camadas era de 1 dia entre o chapisco e massa única e de acordo com o ritmo da obra entre a a massa única e pastilha.

O controle do serviço era feito pelo mestre e engenheiro residente, por controle visual.

A espessura estimada para o revestimento de argamassa foi de 3,0 a 5,0 cm.

Sem detalhes construtivos.

B.2.2.3 - Empresa O**a) Materiais**

O levantamento quantitativo era feito pelo engenheiro residente e a compra pelo escritório.

O controle de recebimento era feito pelo mestre: para a areia e argamassa básica era feita a cubagem e para o cimento a verificação da quantidade especificada.

A areia e argamassa básica eram armazenadas em local sem proteção e o cimento em local protegido.

b) Produção

Na produção estavam envolvidos mestre e serventes, e o controle era feito pelo próprio mestre. A mistura era manual.

c) Execução

A metodologia era definida pelo pedreiro; a base de concreto eram retiradas as pontas de ferros e a alvenaria não recebia tratamento; o intervalo de tempo para aplicação das camadas era de 2 dias entre o chapisco e massa única e 2 dias entre massa única e fulget.

O controle destes serviços era feito pelo mestre.

A espessura estimada para o revestimento de argamassa era de 2,0 a 3,0 cm.

Sem detalhes construtivos.

B.2.2.4 - Empresa P

a) Materiais

O levantamento quantitativo era feito pelo engenheiro residente. O cimento era comprado pelo escritório e a areia pela obra.

Não havia controle de recebimento do cimento e areia.

O cimento era armazenado em local seguro e a areia em local sem proteção.

b) Produção

Na produção da argamassa estavam envolvidos serventes, controlados pelo mestre.

A mistura era mecânica.

c) Execução

A metodologia empregada era definida pelo engenheiro residente e pelo mestre da obra; a base não era preparado, e o intervalo de tempo para aplicação das camadas era de 24h entre a execução do chapisco e da massa única, e também entre a massa única e o fulget.

O controle dos serviços era feito pelo mestre, por inspeção visual.

A espessura estimada do revestimento de argamassa foi de 2,0 a 2,5 cm.

Sem detalhes construtivos.

Observações:- nesta obra era utilizado aditivo substitutivo da cal.

B.2.2 - Empresas do Grupo III

B.2.2.1 - Empresa Q

a) Materiais

O levantamento quantitativo era feito pelo técnico da obra e o escritório fazia a compra.

O controle de recebimento do cimento da cal era feito pela verificação da quantidade especificada e para a areia era feito através de inspeção visual.

O cimento, a cal e a areia eram armazenados em local protegido.

b) Produção

Na produção de argamassa estavam envolvidos o servente e o controle era feito por um encarregado.

A mistura era mecânica.

c) Execução

A metodologia empregada era definida pelo engenheiro responsável por uma equipe móvel de revestimento; a base não era preparado, e o intervalo de tempo para aplicação entre camadas foi de 24 h entre o chapisco e o emboço e de acordo com o ritmo da obra para o emboço e a pintura.

O controle era feito por um técnico da obra e pelo encarregado da equipe móvel.

A espessura estimada do revestimento nesta obra era de 3,0 a 3,5 cm.

Sem detalhes construtivos.

Observação:

- esta empresa apresentou traços para argamassas de revestimento especificado fora da obra; ele porém não era cumprido; verificou-se que nesta empresa o servente trocava o carrinho específico de dosagem por um carrinho convencional, pois concluía que o seu serviço não rendia, por isso fazendo a troca.

B.2.3.2 - Empresa R

a) Materiais

O levantamento quantitativo era feito pelo engenheiro residente e a compra pelo escritório, que tinha como critério o preço de mercado.

O controle de recebimento era feito pelo mestre: para o cimento era feito através da verificação da quantidade especificada, para a areia através de inspeção visual e para argamassa básica por inspeção tato-visual (concentração de cal e impurezas).

A areia e argamassa básica eram armazenadas sem proteção e o cimento em local protegido.

b) Produção

Na produção da argamassa estavam envolvidos serventes, sob o controle de um técnico e do mestre encarregado. A mistura era mecânica.

c) Execução

A metodologia empregada era definida pelo engenheiro residente; a base não recebia tratamento, e o intervalo de tempo para a aplicação entre camadas era determinado de acordo com o ritmo da obra.

O controle deste serviço era feito pelo encarregado e o técnico da obra.

A espessura estimada do revestimento foi de 2,5 cm a 3,0 cm.

Sem detalhes construtivos.

ANEXO C

RELAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS VIGENTES

A relação de normas técnicas vigentes aqui apresentadas, inclui as normas complementares da NBR 7200 de Fevereiro de 1992, REVESTIMENTO DE PAREDES E TETOS COM ARGAMASSAS MATERIAIS, PREPARO, APLICAÇÃO E MANUTENÇÃO. Esta, "fixa as condições exigíveis quanto ao preparo, uso e aplicação dos diversos tipos de argamassa segundo sua finalidade, levando em consideração a superfície a ser revestida e se aplica às argamassas compostas de areia e cal e/ou cimento, cal e gesso, bem como ao preparo da superfície, armazenagem das argamassas e cuidados de aplicação" (INMETRO, 1982):

- NBR 5732 - Cimento Portland - Especificação
- NBR 5733 - Cimento Portland de alta resistência inicial - Especificação
- NBR - 5735 - Cimento Portland de alto-forno - Especificação
- NBR 6453 - Cal virgem para construção - Especificação
- NBR 7175 - Cal hidratada para argamassas - Especificação
- NBR 7220 - Avaliação das impurezas orgânicas das areias para concreto - Método de ensaio