

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Construção Civil

31 MAI 1995

31 MAI 1995

31 MAI 1995

ISSN 0103-9830

BT/PCC/147

**Alguns Aspectos da Produção de
Revestimentos de Fachadas de
Edifícios com Placas Pétreas**

**Eleana Patta Flain
Fernando Henrique Sabbatini**

São Paulo - 1995

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Construção Civil
Boletim Técnico - Série BT/PCC

Diretor: Prof. Dr. Célio Taniguchi
Vice-Diretor: Prof. Dr. Eduardo Camilher Damasceno

Chefe do Departamento: Prof. Dr. Paulo Helene
Suplente do Chefe do Departamento: Prof. Dr. Vahan Agopyan

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alex Kenya Abiko
Instituto de Física da Escola Livre de

Prof. Dra. Maria Alba Cincotto
Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves
Prof. Dr. Vahan Agopyan

Coordenador Técnico

Prof. Dr. Alex Kenya Abiko

O Boletim Técnico é uma publicação da Escola Politécnica da USP/Departamento de Engenharia de Construção Civil, fruto de pesquisas realizadas por docentes e pesquisadores desta Universidade.

O presente trabalho é parte da Dissertação de Mestrado: "Tecnologia de Produção de Revestimento de Fachadas de Edifícios com Placas Pétreas", apresentada por Eleana Patta Flain, sob orientação do Prof. Fernando Henrique Sabbatini.

A íntegra da Dissertação encontra-se à disposição com o autor e na biblioteca de Engenharia Civil da Escola Politécnica/USP.

Flain, Eleana Patta

Alguns aspectos da produção de revestimentos de fachadas de edifícios com placas pétreas / E.P.

Flain, F.H. Sabbatini. -- São Paulo : EPUSP, 1995.

22p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/147)

1. Revestimento (Construção civil) 2. Pedras naturais (Materiais de construção) I. Sabbatini, Fernando Henrique II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil III. Título IV. Série

CDU 693.6
691.21

SUMÁRIO

Resumo	II
<i>Abstract</i>	II
1 INTRODUÇÃO	1
2 CARACTERIZAÇÃO DO REVESTIMENTO COM PLACAS PÉTREAS	1
2.1 Sistema de fixação por colagem	2
2.1.1 Com argamassa convencional	2
2.1.2 Com argamassas colantes ou colas especiais	3
2.2 Sistema de fixação por componentes metálicos	4
2.2.1 Sistema por ancoragem dos dispositivos	6
2.2.1.1 Chumbamento direto ao suporte	6
2.2.1.2 Fixação em estruturas (estas fixadas ao suporte)	6
2.2.2 Dispositivos de fixação	7
2.3 Camada de acabamento - componentes pétreos e juntas	8
2.3.1 Rochas	8
2.3.2 Juntas	11
3 CONSIDERAÇÕES PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO	12
3.1 Solicitações durante a obra e a vida útil do revestimento	13
3.2 Escolha do sistema de fixação das placas ao suporte	14
3.3 Escolha dos materiais	14
4 EXECUÇÃO DA CAMADA DE ACABAMENTO	14
4.1 Fixação com dispositivos metálicos	14
4.1.1 Preparo das placas	14
4.1.2 Fixação dos dispositivos metálicos	15
4.1.3 Montagem das placas	15
4.1.4 Execução das juntas	16
4.2 Assentamento com argamassa	17
4.2.1 Preparo das placas	18
4.2.2 Assentamento das placas	18
4.2.3 Execução das juntas	19
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

RESUMO

Neste trabalho¹, primeiramente, caracterizam-se os dois processos de assentamento das placas de pedra em fachadas de edificios de multiplos pavimentos, com argamassas (convencional, colantes ou colas especiais), chamado aqui de *processo tradicional* e a fixação das placas com componentes metálicos chamado, aqui, de *processo racionalizado*. Apresentam-se algumas consideração para elaboração de projeto e aspectos relevantes da execução dos revestimentos pétreos. Finalmente são apresentadas algumas considerações finais sobr este tema.

ABSTRACT

This work will describe the characterization of the two methods of installations of stone veneer in multiple storey buildings, with mortars (cemente mortar, adhesives) here in this work called traditional process (conventionally installed) and anchored piece by piece to backup structure using inserts, here called racionalized process.

It's also shown some design and construction considerations criteria about these two methods. Finally are presented some general considerations about this theme.

1 Título: Alguns aspectos da produção de revestimentos de fachadas de edificios com placas pétreas

Autores: Eleana Patta Flain
Fernando Henrique Sabbatini

2 Title : *Some aspects of production of dimension stone external veneers in buildings*

Authors: Eleana Patta Flain
Fernando Hennque Sabbatini

1 INTRODUÇÃO

O presente texto baseia-se na dissertação de mestrado, intitulada *Tecnologia de produção de revestimentos de fachadas de edifícios com placas pétreas*, do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Primeiramente, caracterizam-se os dois processos de assentamento das placas de pedra em fachadas de edifícios de múltiplos pavimentos, com argamassas (convencional, colantes ou colas especiais), chamado aqui de *processo tradicional* e a fixação das placas com componentes metálicos chamado, aqui, de *processo racionalizado*. Apresentam-se algumas considerações para elaboração de projeto e aspectos relevantes da execução dos revestimentos pétreos. Finalmente são apresentadas as considerações finais.

2 CARACTERIZAÇÃO DO REVESTIMENTO COM PLACAS PÉTREAS

A fixação da camada de acabamento com placas de pedra nas vedações verticais exteriores de edifícios altos pode se dar de duas maneiras básicas: por colagem (adesão físico-química ou aderência mecânica, ou ambas) com ou sem ancoragem de segurança (grampos)¹ e por ancoragem mecânica. Na primeira utiliza-se argamassa convencional, argamassas colantes ou colas especiais, e na segunda, componentes metálicos. Atualmente, no Brasil, as técnicas mais utilizadas para a fixação do revestimento com placas de pedra em fachadas de edifícios, são por colagem, com ou sem grampos, utilizando argamassa convencional, e por ancoragem mecânica com auxílio de dispositivos de fixação (processo racionalizado). Em breve estarão disponíveis, no mercado brasileiro, as argamassas ou colas especiais para a fixação de revestimentos pétreos em fachadas de edifícios. Esta é uma técnica bastante utilizada em alguns países da Europa e nos EUA, que também incorporam um alto grau de racionalização.

A fixação das placas de pedra em vedações verticais exteriores pode ser dividida, segundo o projeto de norma CE 2:02.45 - 001 (1994), em: com argamassa convencional e com componentes metálicos. O primeiro, chamado processo convencional (também conhecido como processo tradicional) é ainda muito utilizado, apesar do grande desperdício de materiais e de mão-de-obra e das inúmeras patologias que ocorrem no revestimento em sua fase de utilização. Esse processo apresenta ação de controle da produção muito incipiente, estando num estágio muito distante da racionalização. Em locais como EUA e Europa o processo tradicional de fixação das placas de pedra está sendo deixado de lado, dando lugar ao que utiliza componentes metálicos, recentemente introduzido no Brasil.

Para facilitar o entendimento, classificar-se-á a fixação da camada de acabamento ao substrato, em dois sistemas, que são: sistema de fixação por colagem e sistema de fixação por componentes metálicos. As principais características desses sistemas serão tratadas nos itens 2.1 e 2.2.

¹ Segundo CE 02:002.45-001* (1994), são tipos de dispositivos de fixação compostos por uma única peça fabricada com barra de seção circular ou retangular, podendo ter uma das extremidades dobrada em L ou em gancho.

* Neste trabalho, refere-se aos projetos de norma sobre revestimentos pétreos que se encontram em desenvolvimento, na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

2.1 Sistema de fixação por colagem

Este sistema caracteriza-se pela utilização de argamassa convencional, argamassas colantes ou colas especiais. As camadas que constituem esse sistema e suas principais características serão mencionadas na sequência.

2.1.1 Com argamassa convencional

O sistema de fixação com argamassa convencional constitui-se do suporte, de uma tela previamente fixada a este, da camada de fixação e da camada de acabamento (placas de pedra e juntas).

O suporte é responsável pela sustentação das camadas subsequentes; a tela, segundo BS 5262 (1976), tem por função proporcionar maior aderência entre a camada de fixação e o suporte, bem como servir de ancoragem para as placas de pedra que posteriormente serão assentadas. A camada de fixação é responsável pela ligação da camada de acabamento ao suporte. A última camada é a de acabamento que constitui o próprio revestimento. As principais características e propriedades desta camada são consideradas no item 2.3.

No Brasil, a fixação da camada de acabamento ao suporte, pelo processo convencional, consiste no preenchimento, com argamassa convencional, de um espaço vazio deixado entre o suporte e a camada de acabamento (face posterior da placa).

A argamassa de assentamento tem a função de unir a camada de acabamento ao substrato, proporcionando a aderência do conjunto. Muitas vezes, ainda serve de regularização do substrato, como é o caso quando da utilização da argamassa convencional.

Para CONSIGLIO (1972), a argamassa utilizada para a fixação de placas de pedra deve ter uma fluidez capaz de escorrer facilmente quando despejada na parte posterior da placa, fazendo com que haja o preenchimento completo do espaço entre a placa e o substrato.

CE 02:002.45-001 (1994) diz que, a consistência da argamassa deve ser compatível com o processo de lançamento, de modo que, todo o espaço entre o suporte e a camada de acabamento seja preenchido, utilizando-se a mínima quantidade de água, a fim de assegurar máxima resistência de aderência e mínima retração. Tais propriedades e características podem ser melhoradas através do acréscimo de aditivos.

Segundo BEALL (1989), existem oito tipos de aditivos que podem ser utilizados para melhorar as propriedades das argamassas. São eles: os incorporadores de ar, os aceleradores, os retardadores, os retardadores de alta eficiência, os redutores de água, os modificadores de adesão, os pigmentadores e os inibidores de corrosão. Entende-se que os aditivos passíveis de utilização nas argamassas de assentamento de revestimentos pétreos sejam os redutores de água e os inibidores de corrosão.

CE 02:002.45-001 (1994) recomenda que o espaço entre o suporte e a parte posterior da placa seja de 1 a 3 cm. A NTE 17 (1973) recomenda 2 cm. Observou-se, nos canteiros

de obras visitados, que, normalmente, esse espaço é maior do que o recomendado, devido principalmente à falta de controle de execução dos suportes.

Quando as condições de prumo do substrato não estiverem dentro das exigidas e especificadas em projeto, a BS 5262 (1976) recomenda a utilização de uma tela metálica fixada, com parafusos de expansão, previamente ao suporte. Essa tela, segundo a BS 1369 (1987), poderá ser de metal expandido, tela de estuque nervurada, malha de arame soldado ou tela de arame galvanizado. A norma recomenda que a malha de arame soldado deve ser de aço galvanizado, com dimensões de 25 a 50 mm e arames com diâmetro maior que 1,02 mm. Para a tela de arame galvanizado, estas dimensões deverão ser de 20 a 38 mm. CE 02.002.45-001 (1994) recomenda a utilização de tela eletrosoldada.

A BS 5262 (1976) recomenda, ainda, que, os parafusos de fixação e todos os componentes metálicos necessários para a fixação da tela ao suporte, sejam de aço galvanizado ou de aço inoxidável. Com isso evitam-se problemas patológicos ligados à corrosão, provocados pela formação de par galvânico quando metais não compatíveis estiverem em contato.

2.1.2 Com argamassas colantes ou colas especiais

Este sistema constitui-se do suporte, da camada de fixação, da camada de regularização e da camada de acabamento. As funções e características de cada camada foram descritas no item 2.1.1, exceto a de regularização que será mencionada na sequência.

Apesar de não serem correntemente empregados no Brasil, a fixação dos revestimentos pétreos por meio de argamassas colantes ou colas especiais, é comum o uso nos EUA e na Europa.

Existe uma variedade de resinas para a fixação de revestimentos pétreos, mas as que melhor se adequam para a colagem são as do tipo acrílica e a epóxi, tanto para o preparo das argamassas colantes como para as com função de cola. Além disso, a resina do tipo SBR (resina de estireno butadieno), quando utilizada na fabricação de argamassas colantes, apresenta-se mais econômica para o desempenho requerido, se comparada às do tipo acrílica ou epóxi.

Nesse sistema de fixação, o espalhamento se dá diretamente sobre o suporte, que, quando apresentar características de planicidade e prumo compatíveis com a camada de aderência, resulta em elevada produtividade. A adequação do substrato está relacionada principalmente à sua regularidade e porosidade superficial.

Quando se trata de substratos com acentuados desníveis, como os de alvenarias com tijolos maciços, utiliza-se uma camada de regularização. A necessidade da completa regularidade do substrato, segundo SABBATINI et al. (1990), decorre das reduzidas espessuras da camada de aderência, para que seja técnica e economicamente viável a sua utilização.

A porosidade está relacionada com a absorção do substrato, que deve ser baixa, principalmente na utilização de colas especiais, pois quando aplicadas em substratos de elevado poder de sucção, todo o material da cola é absorvido antes da fixação do

componente, podendo comprometer a sua aderência. Quando se tratar de substratos porosos, segundo VAN LARCKE (1977), deve-se aplicar, sobre o mesmo, uma camada de *primer*, previamente à cola, para diminuir o seu poder de absorção.

A aderência é fundamental nesse sistema de fixação, por isso é preciso haver compatibilidade de aderência entre as camadas constituintes, desde o substrato até a camada de acabamento.

Acredita-se que a utilização de argamassas colantes ou colas especiais para a fixação das placas de pedra venham contribuir para o desenvolvimento tecnológico da construção. Esse sistema de fixação, além de ser um processo racionalizado, vai exigir o avanço tecnológico de outros subsistemas ou partes destes, como por exemplo, da própria camada de regularização que corrige as imperfeições do substrato, o qual, de modo geral, apresenta superfícies completamente irregulares, desvios acentuados de prumo, nivelamento e alinhamento.

2.2 Sistema de fixação por componentes metálicos

Este sistema constitui-se do suporte, da fixação, da camada isolante e da camada de acabamento.

Como anteriormente descrito, o suporte é responsável pela sustentação das camadas subseqüentes; a fixação, utilizando componentes metálicos comumente chamados de *inserts*, *agrafes* ou *dispositivos metálicos*, tem a função de fixar mecanicamente a camada de acabamento ao suporte, deixando um espaço vazio entre as placas e o suporte; a camada isolante, por sua vez, é responsável pela circulação de ar entre o substrato e eliminação da condensação formada em seu interior, proveniente das variações térmicas entre as faces exterior e interior da camada de acabamento. Essa camada poderá ser constituída de um material com propriedades específicas ou do próprio ar, este servindo como isolante térmico, e, devido à separação entre a vedação e o revestimento, melhorando o isolamento acústico. A última camada é a de acabamento, que constitui o próprio revestimento. As principais características e propriedades das camadas constituintes deste sistema de fixação são consideradas nos itens 2.2.2 e 2.3.

CE 2:02.45 - 001 (1994) denomina como *dispositivos de fixação* os componentes metálicos (com diversos formatos) cujas funções são: fixar as placas ao suporte, ou umas às outras; suportar o peso próprio do revestimento e as demais cargas atuantes na camada de revestimento e absorver as deformações diferenciais entre a camada de revestimento e o suporte, de maneira a reduzir as tensões nessa camada. Segundo o CSTC (1983), todo componente metálico que sirva para a fixação das placas de pedra ao suporte é denominado de *inserts*. E segundo o CSTC (1967), esse mesmo componente era chamado de *agrafe*.

Referindo-se à esse tipo de fixação, adotar-se-á o termo *dispositivo de fixação*, segundo CE 2:02.45 - 001 (1994), pois o mesmo deverá ser adotado no país.

A forma dos dispositivos de fixação, segundo o CSTC (1983), varia essencialmente com a função e o modo de ancoragem dos mesmos, e poderá ser: de perfis circulares (arredondados), de chapas, de perfis em *T*, entre outras. A forma dos dispositivos define comercialmente alguns tipos de sistemas de fixação, tais como: o *sistema americano*, aquele que apresenta a parte do componente metálico em contato com a placa em forma

de chapas ou perfis e o *sistema alemão*, aquele que apresenta a parte do componente metálico em contato com a placa em forma de pinos. A Figura 2.1 ilustra os dois tipos de sistemas.

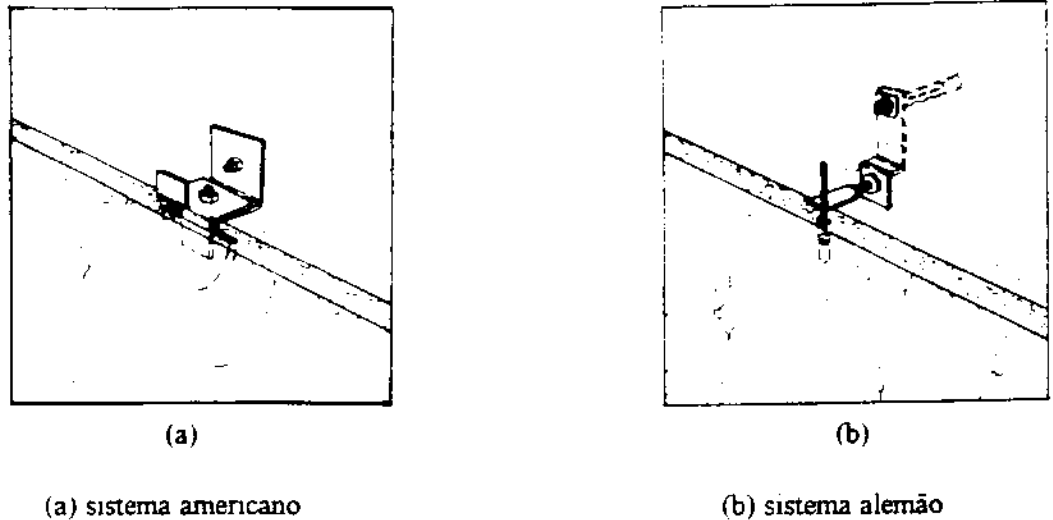
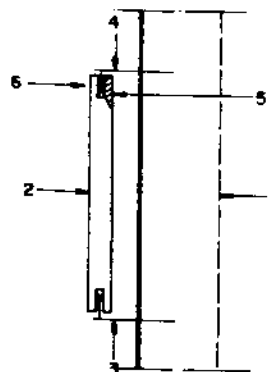


Figura 2.1 - Tipos de dispositivos de fixação das placas de pedra ao suporte

Segundo CONSIGLIO (1972), CSTC (1983) e CE 02.02.45 - 001 (1994), conforme a sua função, os dispositivos de fixação podem ser classificados em sustentadores ou retentores. Os sustentadores são aqueles que resistem ao peso próprio da placa e permitem certa movimentação. Isso se deve à folga deixada nos encaixes das placas onde irá o dispositivo. Os retentores são aqueles que impedem o tombamento da placa, permitindo sua movimentação, entretanto, não absorvem nenhuma parcela do seu peso próprio. Um mesmo dispositivo de fixação, segundo CE 02.02.45 - 001 (1994), poderá ser somente sustentador ou retentor, ou ambos ao mesmo tempo. A Figura 2.2 ilustra o esquema de funcionamento dos dispositivos de fixação.



- | | | |
|-------------------------------------|------------------------------|--|
| 1. Suporte | 2. Placa de revestimento | 3. Dispositivo metálico de sustentação |
| 4. Dispositivo metálico de retenção | 5. Parte resistente da placa | 6. Sentido de inclinação da placa |

Figura 2.2 - Esquema de funcionamento dos dispositivos de fixação de retenção e de sustentação [CSTC (1967)]

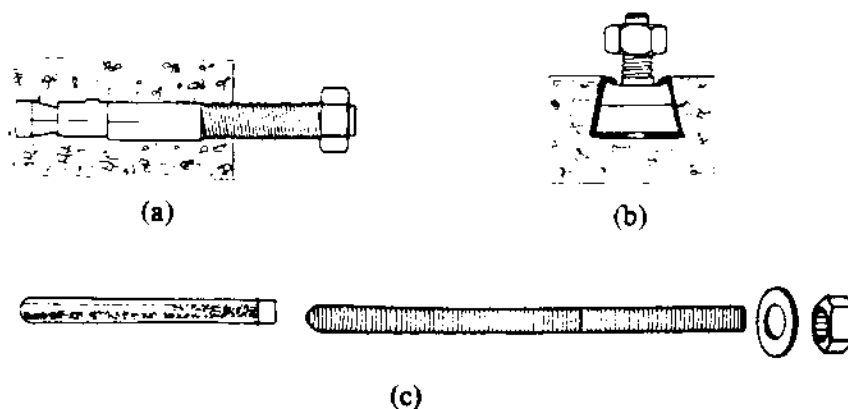
2.2.1 Sistema de ancoragem dos dispositivos

O sistema de ancoragem dos dispositivos no suporte pode se dar de duas formas: chumbamento direto ao suporte ou fixado em estruturas, geralmente metálicas, sendo estas fixadas ao suporte. Essas formas serão tratadas no item 2.2.1.1 e 2.2.1.2.

2.2.1.1 Chumbamento direto ao suporte

O CSTC (1983) classifica os sistemas de ancoragem dos dispositivos de fixação ao suporte em três grupos, que são: as fixações mecânicas, os componentes incorporados ao concreto e as fixações químicas. Pode-se considerar dois grupos, que são: por fixação com chumbadores mecânicos e químicos e por fixação com componentes incorporados ao concreto. A Figura 2.3 mostra esses sistemas de fixação.

Os componentes destinados à fixação das placas de pedra ao suporte, existentes no mercado nacional, são chamados genericamente de chumbadores (chumbadores mecânicos e químicos), caracterizando-se pelo tipo de ancoramento, de chumbadores que ligam os dispositivos de fixação ao substrato. As fixações com resinas (chumbadores químicos), de uso mais restrito, foram recentemente introduzidas no mercado nacional. Nesse caso, a ancoragem do chumbador ao suporte dá-se pelo uso de resina, colocada previamente no interior do orifício que receberá o chumbador, antes do posicionamento deste. Essas resinas são utilizadas, apenas em casos especiais, devido ao seu alto custo quando comparado com outro sistema. Existem dois tipos de chumbadores químicos disponíveis no mercado nacional, que são: de ampola e de injeção. Os componentes incorporados ao concreto são previamente posicionados nas formas, na posição indicada pelo projeto, antes da concretagem.



(a) fixação mecânica (b) componente incorporado ao concreto (c) fixação química

Figura 2.3 - Sistemas de ancoragem dos dispositivos de fixação ao suporte

2.2.1.2 Fixação em estruturas (estas fixadas ao suporte)

A fixação da camada de acabamento deve se dar em suportes com resistência mecânica, adequada às diversas solicitações impostas durante a obra e a vida útil do revestimento.

Em edificações com estruturas reticulares de concreto armado e com vedações verticais de alvenaria (tijolos ou blocos), a fixação da camada de acabamento dar-se-á pela

utilização de uma estrutura metálica de transição (trilhos) adequadamente fixada à estrutura de concreto armado. Uma forma de fixação desses trilhos é mostrada na Figura 2.4.

Segundo ALLEN (1990), essa estrutura deve ser de alumínio. Acredita-se que o autor recomenda esse metal porque, o mesmo é pouco sujeito a corrosão. No Brasil, o elevado custo do alumínio, em relação ao aço carbono, ainda torna esse sistema pouco utilizado.

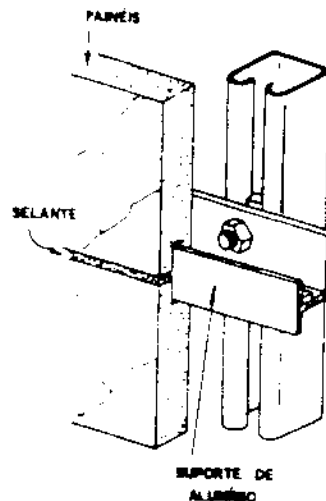


Figura 2.4 - Revestimento com placas de pedra fixadas em uma estrutura de transição [ALLEN (1990)]

2.2.2 Dispositivos de fixação

Os dispositivos de fixação têm por finalidade proporcionar a fixação da camada de acabamento ao suporte. As principais características e os metais recomendados por normas são tratados a seguir.

As principais características dos dispositivos de fixação, segundo os trabalhos do CSTC (1967) e do CSTC (1983), são de inalterabilidade, de resistência mecânica e capacidade de absorver deformação.

Quanto a *inalterabilidade*, os dispositivos devem ser absolutamente inoxidáveis e inatacáveis por quaisquer agentes químicos transportados pela água, pois devido à sua localização são de difícil acesso e reposição. Quando as distintas partes dos dispositivos de fixação forem de metais incompatíveis, estes não poderão, em nenhum caso, estar em contato entre si, objetivando evitar contatos elétricos, proporcionando, assim, a formação de um par galvânico;

Quanto a *resistência mecânica*, os dispositivos de fixação devem apresentar resistência compatível com os esforços aos quais serão submetidos durante a sua utilização; e

Os dispositivos de fixação devem ter *capacidade de absorver as deformações* provenientes da camada de acabamento e do suporte. A capacidade desses componentes de absorver as deformações impostas pelo conjunto suporte-revestimento é função de propriedades do material utilizado e também de suas características geométricas.

Os principais metais que poderão ser utilizados para os dispositivos de fixação, são: aço inoxidável austenítico (tipos ABNT 302, 304 e 316), segundo NBR 5601(1981), cobre e suas ligas, aço carbono revestido (por galvanização ou eletrodeposição de metais como o zinco, entre outros) e alumínio. Atualmente, no país, para os dispositivos de fixação, os metais mais utilizados são os aços inoxidáveis e o aço carbono.

Apesar do projeto de norma brasileira recomendar a utilização de aço carbono para os componentes metálicos de fixação, considera-se que esse tipo de aço não deveria ser utilizado, tendo em vista a possibilidade do aparecimento de patologias como a corrosão dos componentes, devido à ruptura da camada protetora quando os componentes forem submetidos à tensões.

O aço do tipo 302, apesar de não ser recomendado pelas normas citadas, é utilizado no Brasil, principalmente, pelo seu baixo custo. Recomenda-se que sua utilização seja restrita a ambientes interiores, pois, por possuir maior teor de carbono, observa-se uma diminuição da sua resistência aos meios agressivos.

O alumínio apresenta boa resistência quanto à corrosão, no entanto, sua utilização, no caso específico dos dispositivos de fixação objeto deste trabalho, é limitada devido, principalmente, ao seu alto custo, quando comparado ao do aço carbono². Este autor atribui a baixa utilização, nesse caso, também às propriedades mecânicas do alumínio, que, em geral, são inferiores às do aço.

A pouca utilização de dispositivos de fixação de cobre e suas ligas ou de ligas de alumínio, é consequência do pouco conhecimento a respeito das propriedades desses metais, da forma de obtenção dos mesmos, da disponibilidade, ou mesmo uma tendência arraigada pela cultura do mercado em fabricar mais os dispositivos de fixação de aço carbono ou de aço inoxidável.

2.3 Camada de acabamento - componentes pétreos e juntas

Pode-se dizer que a camada de acabamento, objeto deste trabalho, seja constituída por dois componentes: as placas de pedra e as juntas. Estas, por sua vez, podem ser de três tipos: entre componentes, de dilatação e estrutural. As placas de pedra podem ser provenientes de diversos tipos de rochas. Serão tratadas as do tipo granito, mármore e similares, comumente utilizadas como revestimento de vedações verticais exteriores, cujas principais características e propriedades são tratadas nos itens 2.3.1 e 2.3.2.

2.3.1 Rochas

Existe, na natureza, uma imensa variedade de rochas, que diferem entre si, principalmente, pelas suas características e propriedades intrínsecas a cada tipo. Essa variedade dá-se em função da formação geológica e dos minerais que constituem as rochas. Em função dessas diferenças é que se opta por um ou outro tipo de rocha, mais adequado, para o revestimento das vedações verticais exteriores.

² WOLYNEC, S. (Prof. Titular do Departamento de Engenharia Metalúrgica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo). *Comunicação pessoal*, 1995.

Em função da variedade de rochas e dos diferentes aspectos, é possível propor uma subclassificação com base na sua formação geológica: ígneas ou magmáticas, sedimentares e metamórficas.

Segundo SCHUMANN (1982), as rochas ígneas formam-se pela solidificação do magma³, material em estado de fusão. Segundo ERNST (1971), essas rochas são denominadas intrusivas ou extrusivas conforme sua consolidação seja interior ou na superfície. Quando os materiais magmáticos se solidificam no interior da crosta terrestre, há a formação de rochas plutônicas ou de profundidade, que se caracterizam, geralmente, pela sua granulação grossa. Quando o magma chega à superfície, graças à atividade vulcânica, ele se solidifica como rocha vulcânica, caracterizada pela granulação fina. Alguns exemplos de rochas plutônicas são: o granito, o diorito, o gabro e o peridotito. E das rochas vulcânicas são: riolito, traquito, andesito e basalto. O granito é o mais utilizado como revestimento, que segundo LEINZ e AMARAL (1980) e DANA (1969), apresentam textura granular média a grossa, constituída essencialmente por um elevado teor de feldspatos do tipo plagioclásio, ortoclásio e de quartzo, com menores quantidades de mica do tipo biotita (às vezes com muscovita) e minerais secundários.

As rochas sedimentares, segundo SCHUMANN (1982), formam-se a partir de material originado da decomposição ou desagregação de qualquer tipo de rocha e através de seu transporte e deposição ou precipitação em diferentes ambientes da crosta terrestre. Para LEINZ e AMARAL (1980) e SCHUMANN (1982), as rochas sedimentares dividem-se em: formações residuais (sedimentos clásticos), onde se encontram as argilas, areias, arenitos e seixos; neoformações de meteorização (sedimentos químicos), em que algumas das mais importantes são: o calcário, o dolomito, o travertino e o sílexito. A última divisão das rochas sedimentares são os carvões (sedimentos orgânicos), que são a turfa, o carvão betuminoso e a hulha. Segundo ERNST (1971), as rochas sedimentares constituem, aproximadamente, 5% do volume da crosta da Terra.

Dentre as rochas sedimentares, as que apresentam maior interesse na Construção Civil, para a utilização como revestimento de vedações verticais, são as sedimentares clásticas, destacando-se os arenitos, e as sedimentares químicas, como o travertino. A ASTM C 119 (1991) define travertino como:

uma variedade de pedra calcária que apresenta textura parcialmente microcristalina e uma estrutura porosa com camadas celulares mostrando-se em forma de pequenas estalactites.

Esta definição é adotada neste trabalho por aproximar-se daquela utilizada comercialmente. A norma acrescenta, ainda, que algumas variedades de travertino podem ser polidos, e comercialmente são chamados de *mármore travertino*, mas os mesmos não são mármore no significado científico.

Para LEINZ e AMARAL (1980), as rochas metamórficas são originadas pela transformação de rochas ígneas ou sedimentares que se dá através do efeito de altas

³ Segundo ERNST (1971), fusão de silicatos que quando solidificados resultam as rochas ígneas. Constituem aproximadamente 80% da crosta da Terra, tanto nos continentes quanto nas bacias oceânicas.

pressões e altas temperaturas, em função de modificações nas condições geológicas, no interior da crosta terrestre. Estas novas condições transformam um mineral em outro e modificam a textura e a estrutura das rochas pré-existentes. Tais modificações, denominadas metamorfismo, ocorrem sempre no estado sólido.

Existe um número muito grande de rochas metamórficas, pelo fato de que cada rocha magmática e cada rocha sedimentar poderá ter um ou mais derivados metamórficos. Segundo ERNST (1971), de acordo com estimativas da maioria dos geólogos, as rochas metamórficas constituem, aproximadamente, 15% do volume da crosta terrestre.

Segundo LEINZ e AMARAL (1980), podem-se classificar as rochas metamórficas com base em seus constituintes minerais, suas estruturas e texturas. As principais formações metamórficas utilizadas na Construção Civil e que apresentam um grau de metamorfismo diferenciado são: o gnaíse, a ardósia e o mármore.

O gnaíse é uma rocha metamórfica de estrutura orientada composta, principalmente, pelo mineral feldspato, além de outros minerais como o quartzo. De acordo com a rocha de origem, recebem os nomes de gnaíse granítico, gnaíse calcário, gnaíse silíceo, entre outros.

A ardósia é formada pelo metamorfismo de baixo grau de materiais argilosos ou folhelhos originados a partir de xistos argilosos. A orientação dos minerais lamelares confere à rocha um aspecto folheado. Os minerais constituintes das ardósias são a mica, que é seu constituinte principal, o quartzo e a clorita. Este último mineral atribui à ardósia uma cor esverdeada, e a matéria carbonosa dá-lhe uma aparência azulada ou negra. A clivagem da ardósia é nítida, devido à presença da mica. É uma rocha menos freqüente no Brasil, comparada ao granito e ao mármore, mas muito freqüente na Europa e nos Estados Unidos.

Segundo NOGAMI (1977), a ardósia apresenta uma xistosidade pouco nítida, uma granulação muito fina e, quanto a suas cores, há uma predominância nas variações escuras como a preta, acinzentada, esverdeada, sendo mais raras as variedades rósea, amarelada, pardeada e avermelhada. Apresentam brilho característico conforme os planos de folheação ou de clivagem.

Todos os tipos de rochas sedimentares tendem a se mostrar menos resistentes que as rochas ígneas, porém, apresentam, em geral, juntas e camadas estratificadas, mas que tornam essas rochas de fácil afeiçoamento.

O mármore, segundo SCHUMANN (1982), é a mais nobre das rochas naturais. Sua definição é bastante variável. Geologicamente, entende-se por mármore uma rocha metamórfica originada a partir de rochas calcárias sedimentares. Comercialmente, o mármore é qualquer rocha calcária que admite o polimento. Como exemplo podemos citar os próprios serpentinitos, rochas que não se enquadram entre os mármore, sendo, muitas vezes, citados como mármore, por admitirem polimento perfeito.

O mármore, de cor branco-neve, em geral, é aquele originado de rochas carbonáticas. Apresenta aspecto cristalino, de granulação fina a grossa. É constituído de minerais carbonáticos (principalmente calcita e dolomita). Alguns componentes, muitas vezes, podem alterar a cor branca, resultando em mármore de cores variadas, fitados, jaspeados, brechados, venulados, entre outras. Raramente a cor do mármore é uniforme.

Os óxidos de ferro fornecem uma cor vermelha; as inclusões diminutas de sulfeto de ferro produzem uma cor preto-azulada; os carbonatos de manganês, o ferro, a limonita e outros silicatos (clorita, epidoto, glauconita e olivina) produzem tons verdes, enquanto as inclusões de grafita causam cores azul, cinzenta e preta.

Na Tabela 2.2, apresentam-se as principais características petrográficas de rochas utilizadas como material de revestimento.

Atualmente, as rochas empregadas nos revestimentos de vedações verticais exteriores são as mesmas utilizadas nas vedações verticais interiores, sendo que as características e propriedades exigidas em cada caso podem ser diferentes. Recomenda-se que engenheiros, arquitetos e demais técnicos envolvidos com o projeto de revestimentos de fachadas devem preocupar-se com o tipo petrográfico mais adequado ao uso, conhecendo as características e propriedades da rocha a ser especificada e as condições de exposição.

Geralmente as rochas são *caracterizadas* por seu nome comercial, o que dificulta ainda mais o conhecimento técnico e científico, já que muitas são chamadas de maneira imprópria. Pode citar-se, como exemplo, o Verde Ubatuba chamado comercialmente de *granito* e, no entanto, é um charnockito com características e propriedades diferentes de um granito.

As rochas, para serem utilizadas como revestimento, passam por um processo de afeiçoamento⁴, onde são transformadas em placas que podem ou não receber um acabamento superficial. Quanto ao acabamento superficial, as pedras poderão apresentar as faces serradas (trabalhadas) ou não. Quando serradas são chamadas de aparelhadas e, quando não, de brutas ou naturais. Os mármore e os granitos podem ser usados na forma natural ou aparelhada, podendo receber um tratamento superficial, através de polimento, lustro, apicoamento, levigamento ou flamejamento⁵.

2.3.2 Juntas

As juntas têm como principal função absorver as deformações oriundas das movimentações da estrutura ou com origens térmicas e higroscópicas provenientes das camadas constituintes do sistema revestimento.

CE 2:02.45 - 001 (1994) define junta como sendo *... a linha de contato ou fresta regular entre dois componentes distintos, podendo ser de dilatação ou de movimentação quando for projetada para absorver as deformações provenientes das variações térmicas da camada de revestimento.*

A BS 6100 (1991, sub. 1.3.6) entende como junta *... a construção formada por partes adjacentes de dois ou mais produtos ou componentes, quando esses são colocados juntos, fixados ou unidos com ou sem o uso de um produto de rejuntamento.* Estes, segundo a mesma norma, são produtos utilizados para obter-se o desempenho da junta.

⁴ O conjunto de operações que permite dar à pedra, a forma, as dimensões e o aspecto superficial exigidos pelas condições de sua aplicação, é denominado por CAVALCANTI (1951); PIZARRO (1957), de afeiçoamento, que poderá ser manual ou mecânico.

⁵ Segundo FERREIRA (1986), significa *lançar flamas ou chamas.*

Segundo a BS 6100 (1987, sub. 1.5.2), as juntas são: de movimentação, entendidas como sendo aquelas que permitem o movimento entre partes flexíveis, e de expansão, aquelas que permitem movimento relativo causado por expansão e contração, devido às variações de temperatura. O CSTC (1983) denomina de juntas correntes, aquelas entre placas e juntas de dilatação ou de fracionamento, as demais.

Tabela 2.2 - Características petrográficas de algumas rochas utilizadas como material de revestimento no Brasil⁶

Natureza	Tipo petrográfico	Granulação	Estrutura	Coloração	Principais tipos comerciais - localidade
Ígnea	Granito	Grossa	Compacta	Rosa	Rosa Birtiba - SP
	Granito	Média	Compacta	Amarela	Dourado Paulista - SP
	Granito	Fina	Compacta	Cinza	Cinza Anjoonha - ES
	Sienito	Média	Compacta	Azul	Blue Bahia - BA
	Diorito	Média	Compacta	Preta	Preto Tijuca - RJ
	Monzonito	Média	Compacta	Preta	Preto Bragança - SP
	Chamockito	Grossa	Compacta	Verde	Verde Ubatuba - SP
	Gabro	Média	Compacta	Preta	Preto Apiaí - SP
Metamórfica	Gnaisse	Fina	Estruturada	Amarela	Amarelo Cachoeira - ES
	Quartzito	Fina	Compacta	Preta	Black Diamond - BA
	Mármore	Fina	Estruturada	Azul	Azul Acqua Marina - ES
Sedimentar	Arenito	Fina	Compacta	Rosa	Rosa Bahia - BA
	Travertino	Fina	Brechóide	Bege	Bege Bahia - BA
	Calcário	Fina	Estruturada	Rosa	Rosa Palha - BA

3 CONSIDERAÇÕES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO

Pode-se dizer que, a falta de conhecimento técnico, acerca da elaboração de projetos de revestimento de vedações verticais, gera, de maneira geral, projetos deficientes e com conseqüências imprevisíveis quanto ao desempenho do próprio revestimento, que vão desde o grande desperdício de materiais e de mão-de-obra, até problemas patológicos, muitas vezes irreparáveis.

⁶ FRAZÃO, E. B. (Geólogo pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo). *Comunicação Pessoal*, 1994.

O revestimento de vedações verticais exteriores necessita de cuidados específicos, visto que encontra-se em condições desfavoráveis, quando comparado aos revestimentos interiores, pois sofrem constante ação do meio ambiente.

A partir de um projeto elaborado adequadamente, de forma que contenha os parâmetros necessários para a sua realização, pode-se ter um processo de produção bem definido e racionalizado, livre de improvisações nos canteiros de obra e facilmente coordenado pelos executores.

Os métodos e técnicas empregadas no processo tradicional, para a execução de revestimento de vedações verticais com placas de pedra, estão baseados em conhecimentos empíricos, ainda que seja um processo há bastante tempo utilizado. Os procedimentos de execução, muitas vezes, são inadequados, e a fiscalização deficiente dos serviços e os projetos executivos, quando existentes, trazem detalhes pouco claros. Desta forma, a ausência de um projeto, que apresente as especificações dos materiais e as técnicas de execução, contribui para que a produção de revestimentos com placas de pedra pelo processo tradicional, no país, resulte em um produto final com pouca, ou até mesmo, sem qualidade, e com um desempenho insuficiente as condições de utilização.

O processo racionalizado, por ser um processo inovador, ainda que apresente um projeto construtivo adequadamente detalhado, o desconhecimento, por parte dos projetistas, das características, das propriedades e do comportamento de cada material constituinte das camadas do revestimento, poderá gerar detalhes construtivos com erros de concepção.

É importante enfatizar que, além de um projeto bem elaborado, torna-se imprescindível o acompanhamento da execução dos serviços, por parte dos projetistas, e o treinamento da mão-de-obra para a obtenção de um produto final com qualidade. Quando se tem em vista garantir a qualidade no desenvolvimento do projeto, é importante considerar, segundo MELHADO e VIOLANI (1992), a coordenação entre as equipes envolvidas, sendo que os métodos de comunicação usados, além de claros e frequentes, devem, também, assegurar a coordenação de todo o projeto. A seguir faz-se uma abordagem de alguns dos parâmetros importantes para o projeto de revestimentos pétreos de fachadas.

Os parâmetros a serem considerados para a elaboração do projeto de revestimento, objeto deste trabalho, em fachadas de edifícios habitacionais e comerciais, relacionam-se, primeiramente, às condições de exposição a que estarão sujeitos tais revestimentos, levando-se em conta as diferentes solicitações nas camadas constituintes dos mesmos. Seguem-se os parâmetros envolvidos no processo de produção desse revestimento, que são: a escolha do sistema de fixação das placas ao suporte e a escolha dos materiais.

3.1 Solicitações durante a obra e a vida útil do revestimento

Segundo FLAIN e CAVANI (1994) e CE 02:002.45-001 (1994), as solicitações às quais as camadas de revestimento estarão submetidas, durante a execução e vida útil do revestimento, podem ser classificadas em:

a) cargas paralelas ao plano das placas (peso próprio das placas; peso próprio de eventual camada de isolamento térmico e eventuais cargas acidentais, objetos suspensos, por exemplo).

b) cargas perpendiculares ao plano da placa (ação do vento e impactos acidentais).

c) solicitações devidas ao movimento relativo do suporte e das camadas do revestimento (deformações por variações higrotermicas, deformações permanentes por retração e deformação lenta do concreto e retração das argamassas de assentamento).

3.2 Escolha do sistema de fixação das placas ao substrato

A seleção do sistema de fixação das placas de pedra ao substrato pode estar baseado em diversos fatores, mas, sobretudo naqueles relacionados às condições de utilização e aos requisitos de desempenho, mediante o conhecimento das solicitações durante a obra e a vida útil do revestimento. Sabe-se que na adoção de um processo inadequado, pode ter-se um revestimento que, além de possuir um aspecto desagradável, apresentará um comprometimento como um todo, resultando em elevados custos de manutenção e reposição das placas. Esta poderá ser dificultada em função do próprio processo adotado.

A escolha do sistema de fixação deve estar baseada em aspectos técnicos e principalmente no conhecimento do comportamento de cada um dos materiais assidos como, das características dos materiais constituintes das diferentes camadas.

3.3 Escolha dos materiais das camadas de revestimento

A escolha dos materiais mais adequados, constituintes das camadas do revestimento das vedações verticais exteriores, deve estar ligada às suas características e propriedades, principalmente quanto às condições de utilização e às solicitações a que estarão sujeitos, considerando-se os aspectos relacionados com o desempenho e a durabilidade.

4 EXECUÇÃO DA CAMADA DE ACABAMENTO

A camada de acabamento, tratada neste trabalho, é constituída pelos componentes (placas) pétreos fixados ao substrato por uma camada de argamassa ou por componentes metálicos, e pelas juntas entre estes componentes, de movimentação e estruturais.

Os procedimentos de execução da camada de acabamento dos revestimentos pétreos apresentam algumas diferenças, conforme o processo utilizado, sendo que as mais significativas são aquelas adotadas para a fixação das placas de pedra, que variam em função do material (com argamassa convencional ou com componentes metálicos) utilizado. Aspectos genéricos da execução das camadas que constituem o revestimento objeto deste trabalho serão tratadas nos itens 4.1 e 4.2.

4.1 Fixação com dispositivos metálicos

A fixação das placas de pedra ao suporte, com dispositivos metálicos, se dá através das seguintes etapas: preparo das placas e dos componentes, montagem (fixação das placas) e execução das juntas entre placas. Essas etapas serão descritas a seguir.

4.1.1 Preparo das placas

Previamente ao assentamento das placas, marcadas e numeradas conforme projeto, o CSTC (1967) recomenda que sejam feitos mecanicamente os furos e ou ranhuras nas placas, para o encaixe dos componentes metálicos. As aberturas para os encaixes, geralmente, localizam-se nos cantos horizontais ou verticais das placas. As aberturas

inferiores recebem os componentes metálicos com função portante, isto é, de sustentar o peso das placas, e as superiores, os componentes metálicos com função de sustentação ou retenção, a fim de impedir o tombamento das mesmas.

O CSTC (1983) recomenda que os rasgos e ou furos sejam realizados fora do canteiro de obras, tendo em vista os cuidados quanto à precisão das dimensões e do posicionamento. Observou-se que, no Brasil, esse procedimento, normalmente, é realizado na indústria, após o afeiçãoamento das placas.

Após a execução dos furos e ou ranhuras, recomenda-se a limpeza das placas através da lavagem, ou com auxílio de um pano úmido. A limpeza facilitara a aderência do selante utilizado no rejuntamento das placas, tratado no item 4.1.4.

4.1.2 Fixação dos dispositivos metálicos

Após a verificação das condições iniciais, descritas anteriormente, e o preparo do substrato, dá-se a fixação dos componentes metálicos.

Anteriormente ao assentamento das placas, os componentes metálicos devem ser adequadamente limpos com auxílio de um pano úmido, de modo a retirar a camada protetora resultante do processo de fabricação, bem como os resíduos, provenientes da própria obra⁷. A limpeza dos componentes tem a função de garantir sua aderência ao selante, no interior do furo e ou ranhura. Verificou-se que essa prática é pouco utilizada nos canteiros de obras.

A colocação propriamente dita consiste no correto posicionamento dos componentes metálicos, no interior dos furos e ou ranhuras da placa e na sua fixação ao suporte, através do chumbador de expansão. Os chumbadores poderão ser fixados ao suporte através de resinas (chumbadores químicos). No caso da utilização de resinas para a ancoragem do chumbador ao suporte, estas são colocadas, previamente, no interior do orifício que receberá o chumbador. Os procedimentos para a execução dos orifícios são: execução do orifício com broca de videa, limpeza do orifício, colocação da resina, colocação do chumbador com auxílio de um rosqueador e colocação da porca (WALSYWA, s.n.t.).

A regulagem dos componentes metálicos, para que as placas atinjam o prumo e o nível recomendado em projeto, deverá ser feita simultaneamente à montagem, tratada no item 4.1.3.

4.1.3 Montagem das placas

A montagem das placas se dá a partir dos eixos pré-estabelecidos, conforme projeto. GERE (1981), recomenda o preenchimento dos furos ou rasgos com selante, antes da montagem. Além de evitar o contato direto do componente metálico com a placa de pedra, quando da movimentação da estrutura ou da própria placa, a utilização de selante inibe as vibrações possíveis das placas durante sua vida útil.

⁷ SAUVEUR, J. (Engenheiro e arquiteto da Afialo & Gasperini). *Comunicação Pessoal*, 1991.

CE 02.002.45-002 (1994) recomenda a proteção temporária da última camada de revestimento, que poderá ser feita, através da fixação de uma manta plástica na estrutura de concreto, com grampos metálicos e fita adesiva. Essa proteção é sempre recomendada quando a próxima fiada não for executada no mesmo dia, ou quando houver possibilidade de chuvas. Deve, portanto, envolver a borda da placa, onde será fixada, com auxílio de uma fita adesiva. A função principal dessa proteção é evitar a entrada de água nas ranhuras e ou furos das placas da camada anterior, o que poderia resultar em posterior prejuízo da aderência do selante, além de promover o manchamento das placas.

No revestimento dos peitoris, mesmo na técnica de montagem com componentes metálicos, as placas de pedra são assentadas com argamassa convencional do tipo *farofa*, devendo ser adequadamente preparada, conforme a NBR 7200 (1982). Os autores consideram que esse procedimento contribui para a diminuição da racionalização do processo, por constituir uma etapa de baixa produtividade.

4.1.4 Execução das juntas

As juntas que compõem a camada de acabamento podem ser entre componentes (placas), de movimentação (também chamadas de trabalho) e estruturais. Tendo em vista as funções de cada tipo de junta, algumas particularidades devem ser consideradas para a sua execução. No âmbito deste trabalho, serão tratadas apenas as juntas entre componentes e as de movimentação. As juntas estruturais devem ser calculadas e executadas em conformidade com o projeto estrutural.

Entende-se como execução das juntas entre placas (rejuntamento) o preenchimento das mesmas com um material, previamente definido em projeto, que, além do acabamento estético, atenda as suas funções, como, por exemplo, de estanqueidade e de absorção das deformações intrínsecas do próprio revestimento e das deformações diferenciais entre o revestimento e o suporte. Os materiais comumente utilizados para o rejuntamento são os selantes e as argamassas. Para GERE (1981), as argamassas são usadas geralmente em juntas de superfícies horizontais, como, por exemplo, nos revestimentos de pavimentos, e os selantes, em juntas de movimentação ou entre componentes, quando o revestimento está sujeito a movimentações de maior amplitude. Devido à grande movimentação dos revestimentos de fachadas, considera-se que o rejuntamento com selantes seja o mais adequado para este subsistema, pois permite que haja uma maior capacidade de absorver deformações do conjunto. Por isso, neste trabalho, serão descritos os procedimentos de execução das juntas com o uso de selantes.

As placas devem ser posicionadas de tal forma que mantenham, entre si, a largura das juntas especificadas em projeto. CE 02:002.45-002 (1994) recomenda, então, a utilização de calços provisórios, para mantê-las na posição, garantindo, assim, o espaçamento uniforme entre as placas.

Antes do rejuntamento, segundo FLAIN e CAVANI (1994), recomenda-se a retirada de qualquer material, do interior das juntas, que possa prejudicar a aderência do selante ou sua continuidade, favorecendo posteriormente a infiltração de água para o interior do revestimento. Recomenda-se que as juntas sejam devidamente limpas. As juntas devem, então, ser escovadas com uma escova de cerdas macias, de preferência de náilon, para a retirada de resíduos e sujeiras retidos no interior da junta, prática esta normalmente ausente nos canteiros de obras. Para a execução dessa limpeza, o ideal seria um

jateamento com ar comprimido, mas a falta de tradição na utilização dificulta a sua aplicação. Após esse serviço, recomenda-se que as juntas sejam devidamente limpas com um pano ou uma estopa embebida num solvente do tipo álcool etílico ou isopropanol. Segundo alguns técnicos da área, o álcool (de uso doméstico) bastante utilizado, não seria recomendado por apresentar maior quantidade de água na sua composição, o que poderá vir a prejudicar a aderência do selante à junta. No entanto, esta informação não foi corroborada na bibliografia pesquisada.

Para o acabamento da junta, após a aplicação do selante com a bisnaga, o operário poderá pressionar a superfície da junta com o próprio dedo (protegido por uma luva de borracha), prática observada em alguns canteiros de obras. Este procedimento proporciona uma superfície ligeiramente côncava em relação à superfície do revestimento, conforme recomenda CE 02.002.45-002 (1994).

Para as juntas de movimentação ou de trabalho, após a limpeza das juntas, recomenda-se a utilização do componente de fundo de junta (espumas de polietileno, polipropileno ou poliuretano⁸), que deverá ser colocado sob pressão, de tal forma que fique adequadamente posicionado. Para este posicionamento, recomenda-se a utilização de uma ferramenta com largura suficiente para a penetração na junta e, posteriormente, pressionamento do cordão até a profundidade desejada.

O fundo de junta tem a função de impedir a adesão do selante no terceiro plano, proporcionando a deformação do cordão de selante sem que ocorra a sua ruptura. Também tem a função de proporcionar economia de selante, por servir como material de enchimento, diminuindo a seção da junta que será preenchida.

4.2 Assentamento com argamassa

As poucas bibliografias disponíveis, que tratam do processo tradicional ainda muito utilizado no país, são bastante antigas. Há muito tempo, em outros países, como alguns da Europa e nos EUA, esse processo está em desuso dando lugar ao processo racionalizado. Por esse motivo, serão descritos, neste item, as recomendações do projeto de norma (CE 02:002.45-002, (1994)), os resultados de observações realizadas em visitas a canteiros de obras, na cidade de São Paulo, e informações obtidas através de alguns técnicos da área. O processo tradicional tem, ainda, grande emprego, principalmente, devido ao alto custo do revestimento pelo processo racionalizado, à falta de mão-de-obra especializada e, muitas vezes, até devido ao desconhecimento de novos processos.

Assim como para a fixação com componentes metálicos, no caso de assentamento com argamassa, faz-se necessária observação das condições de preparo do substrato e verificação dos seguintes equipamentos e ferramentas: marreta de borracha, serra elétrica manual, nível de mesa, linha de náilon, galga e prumo de linha.

Após esta etapa, faz-se a fixação da tela no substrato, conforme o projeto. CE 02:002.45-002 (1994) recomenda que sejam marcados no suporte os locais onde deverá ser ancorada a tela de aço, que deverá ser fixada com chumbadores de expansão. A

⁸ Conforme especificado em catálogo da Rhodia

posição da tela, segundo FLAIN e CAVANI (1994), deveria ser o mais próximo possível do suporte. Recomenda-se que os chumbadores sejam posicionados de forma a constituir uma malha quadrada, com dimensões de (50 x 50) cm. A tela deverá ficar posicionada entre o parafuso e duas arruelas. Deve-se atentar para que os metais em contato sejam, de preferência, do mesmo material, evitando-se a formação de pares galvânicos e a posterior corrosão.

4.2.1 Preparo das placas

Supõe-se que, no preparo das placas todas estejam devidamente marcadas e numeradas, conforme projeto. CE 02:002.45-002 (1994) recomenda que o dorso das placas a serem assentadas seja devidamente lavado. A lavagem pode prevenir a má aderência das placas com a argamassa de assentamento, em decorrência de resíduos aderidos a sua superfície. Segundo FLAIN e CAVANI (1994), o preparo das placas a serem assentadas com argamassa consiste em chumbar grampos de aço galvanizado (comprimento da ordem de 20 a 25 cm) com massas ou colas à base de resinas de poliéster ou epoxidicas, respectivamente, em ranhuras feitas no dorso da placa, uma em cada borda e duas em intervalos e na parte intermediária.

No caso do dorso das placas apresentar-se muito liso, como, por exemplo, quando as rochas são serradas a diamante, CE 02:002.45-002 (1994) recomenda que os mesmos sejam chapiscados ou ranhurados, neste caso, com argamassa industrializada. Os procedimentos de preparo das placas visam a uma maior aderência com a argamassa de assentamento.

4.2.2 Assentamento das placas

Para o assentamento das placas, recomenda-se que, primeiramente, sejam marcados os eixos de referência, conforme projeto. Segundo FLAIN e CAVANI (1994), com base nos eixos de referência já marcados sobre as superfícies, colocam-se as placas com um afastamento de, aproximadamente, 4 cm, para o preenchimento com argamassa plástica. Recomenda-se que os arames presos na parte inferior e intermediária do dorso das placas sejam enganchados à tela. Para isso, é necessário que esses arames situem-se próximo à borda superior das placas. Em canteiros de obras, observou-se que a posição dos arames não estava faceando a borda superior das placas, o que dificulta a sua fixação na tela.

Após a fixação dos arames à tela, CE 02:002.45-002 (1994) recomenda que as placas sejam calçadas de modo que não saiam de suas posições durante o preenchimento com a argamassa. Uma maneira de se fazer a fixação é através de uma pasta de gesso e meio tijolo maciço, conforme mostra a Figura 4.1.

Antes da colocação da argamassa de assentamento, recomenda-se que, nas extremidades das fiadas, sejam colocados papel e uma pasta de gesso entre a placa de pedra e o suporte, de modo a evitar a saída da argamassa, que deve ser colocada em camadas, de tal forma que não escorra pela superfície da placa, o que resultaria em manchamento. As camadas, segundo CONSIGLIO (1972), devem ter altura de 15 a 20 cm, para evitar esforços consideráveis que possam provocar o desprendimento da placa.

Após a execução de cada fiada de placas, CE 02:002.45-002 (1994) recomenda limpar, com um pano úmido, os eventuais respingos de argamassa que ficaram aderidos à

superfície da placa, pois, dependendo da porosidade da rocha, poderá provocar manchamento definitivo. Este mesmo projeto de norma recomenda esperar o fim de pega do cimento da argamassa da camada anterior para executar a camada subsequente, até que seja atingida a meia altura da placa. Neste instante, pode completar-se o preenchimento em uma única camada. Para o assentamento das fiadas seguintes, recomenda-se a colocação de espaçadores (galgas) entre as placas, com a função de definir a junta, conforme descrito no item 4.1.4.



Figura 4.1 - Detalhe da fixação das placas de pedra com auxílio de uma pasta de gesso e meio tijolo maciço [FLAIN e CAVANI (1994)]

4.2.3 Execução das juntas

Antes da execução das juntas devem retirar-se a pasta de gesso e os tijolos que auxiliaram no assentamento das placas, tomando-se os cuidados adequados para não prejudicar o lustro da placa e para retirar do interior das juntas qualquer resíduo que possa prejudicar a aderência do material de rejuntamento.

Para o rejuntamento entre componentes, após o assentamento das placas, recomenda-se a limpeza das juntas, para a remoção do excesso de argamassa retida no seu interior. CSTC (1983) recomenda a realização de uma raspagem do interior da junta, com uma profundidade compatível com a espessura da placa e com a função da junta, tal que permita o rejuntamento. Anteriormente ao rejuntamento, quando do uso de nata de cimento, CSTC (1983) recomenda molhar abundantemente as juntas, para que as superfícies não absorvam a água de amassamento da argamassa, o que poderá prejudicar a aderência do rejuntamento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em função do paralelo estabelecido entre a teoria apresentada na bibliografia consultada (nacionais e estrangeiras) e os procedimentos adotados em canteiros de obras na cidade de São Paulo, constatou-se que o grande desperdício de materiais e de mão-de-obra e a constante ocorrência de problemas patológicos nos revestimentos pétreos estão relegados a segundo plano.

O assentamento das placas de pedra, pelo processo tradicional, muito utilizado em regiões afastadas, apresenta-se sem um projeto específico e com controle da produção pouco ou nada eficiente. Observa-se, nas obras que adotam tal procedimento, um grande desperdício de materiais e de mão-de-obra, decorrentes, principalmente, da ausência de um projeto construtivo, de controle da produção e do desconhecimento das técnicas de produção desse revestimento.

No processo racionalizado (com fixação metálica), ainda incipiente no Brasil, a tecnologia de produção de revestimentos apresenta-se, também, deficiente. Apesar desse processo já apresentar um projeto específico, o controle dos serviços geralmente inexistente, gerando produtos de baixa qualidade e resultando em grandes desperdícios.

Os autores entendem que os aspectos científicos e tecnológicos são importantes na evolução desses dois processos (racionalizado e tradicional). Para isso, constitui um fator relevante, todo e qualquer investimento no desenvolvimento tecnológico dos processos construtivos utilizados no país. Acrescentando-se a isso, deve-se investir no treinamento da mão-de-obra, no sentido de possibilitar a aquisição de conhecimentos científicos e tecnológicos necessários à melhoria dos processos e das técnicas empregadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, Edward. *Fundamentals of building construction: materials and methods*. 2. ed. EUA, John Wiley & Sons, 1990.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *Standard terminology relating to dimension stone - ASTM C 119*. Philadelphia, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Projeto de revestimento de paredes e estruturas com placas de rocha*. - CE 02:002.45 - 001. São Paulo, 1994. /Projeto de norma - Xerocopiado/
- *Execução e fiscalização de revestimento de paredes e estruturas com placas de rocha*. - CE 02:0 02.45-002. São Paulo, 1994. /Projeto de norma - Xerocopiado/
- *Revestimento de paredes e tetos com argamassa* : materiais, preparo, aplicação e manutenção - NBR 7200. Rio de Janeiro, 1982.
- *Aço inoxidável* : classificação pela composição química - NBR 5601. Rio de Janeiro, 1981.
- BEALL, Chistine. A guide to mortar admixtures. In: MORTAR : how to specify and use masonry mortar. USA, 1989.
- BRITISH STANDARD INSTITUTION. *Jointing*. - BS 6100. London, 1987. Subsection 1.5.2.
- *Steel lathing for internal plastering and external rendering* : specification for expanded metal and ribbed lathing. - BS 1369. London, 1987. Part 1.
- *Code of practice external rendered finishes* - BS 5262. London, 1976.
- CAVALCANTI, Antônio Manuel de Siqueira. *Tecnologia da pedra*. s.l., Pongetti, 1951.
- CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION. Les revêtements extérieurs verticaux em matériaux pierreux naturels de mince épaisseur. *Note d'Information Technique*, n. 146, p. 1-64, 1983.
- Les revêtements de façade en plaques de pierre naturelle: conception et mise en oeuvre. *Note d'Information Technique*, n. 56, p. 1-36, 1967.
- CONSIGLIO, A. *Guide technique pour l'emploi rationnel du marbre*. Roma, Associazione dell'Industria Marmifera Italiana e delle Industrie Affini, et Carrara, Unione Generale degli Industriali Apuani del Marmo ed Affini, 1972.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. *Cladding for external walls, ventilated ar rear; natural stone; requirements, design* - DIN 18.516. Berlin, 1990.
- ERNST, W. G. *Minerais e rochas*. São Paulo, Edgard Blücher, 1971.

- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. *Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa*. 2. ed. Rio de Janeiro, Nova Fronteira /1986/
- FLAIN, Eleana P.; CAVANI, Gilberto de R. Revestimentos verticais com placas de rocha. *Téchne*. São Paulo, Pini, v.2, n.10, p. 59-63, 1994.
- GERE, Alex S. Recommended practice for the use of natural stones in building construction. New York, *Building Stone Magazine*, 1981.
- LEINZ, Vitor; AMARAL, Sérgio Estanislau do. *Geologia geral*. São Paulo, Nacional, 1980. 8. ed., p.33-51
- MELHADO, Sílvio B.; VIOLANO, Marco A. *A qualidade na construção civil e o projeto de edifícios*. São Paulo, EPUSP, 1992.
- NOGAMI, Job Shui. *Glossário de minerais e rochas utilizados em obras civis*. São Paulo, 1977. (Relatório Técnico R6-06/77) /Datilografado/
- NORMA TECNICA ESPANHOLA. *Revestimientos de paramentos : chapados* - NTE 17. Espanha, 1973.
- PIZARRO, Rufino de Almeida. *Exploração de pedreiras*. 2. ed. Rio de Janeiro, Rodovia, 1957
- SABBATINI, Fernando Henrique et al. *Recomendações para a produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria*. São Paulo, EPUSP, 1990. (Relatório Técnico R6-06/90) /Datilografado/
- SCHUMANN, Walter. *Rochas e minerais*. Trad. de Rui Ribeiro Franco e Mário del Rey. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, 1982.
- VAN LARCKE, W. Les colles et les mortiers-colles pour travaux de carrelage. *Revue*, n. 3, p. 40-4, 1977.
- WALSYWA. /Catálogo, s.n.t./