



CARLOS LEONARDO MILLA RICHARD

FABIANA TERABE

LUIS GUSTAVO TOMASCHITZ

**SISTEMA DE REVESTIMENTO DE FACHADA COM *INSERTS*
METÁLICOS**

CURITIBA

2011

CARLOS LEONARDO MILLA RICHARD

FABIANA TERABE

LUIS GUSTAVO TOMASCHITZ

**SISTEMA DE REVESTIMENTO DE FACHADA COM *INSERTS*
METÁLICOS**

Monografia apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Especialista em Gerenciamento e
Gestão de Obras do Instituto IDD.

Prof. Orientador: Msc Maurício Bianchini.

CURITIBA

2011

FOLHA DE APROVAÇÃO

NOVO SISTEMA DE REVESTIMENTO DE FACHADA COM *INSERTS* METÁLICOS

Por

CARLOS LEONARDO MILLA RICHARD

FABIANA TERABE

LUIS GUSTAVO TOMASCHITZ

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM GERENCIAMENTO E GESTÃO DE
OBRAS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS
PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

Curitiba (PR) 17 de dezembro de 2011.

Maurício Bianchini, M.Sc.

Luana Scheifer, Esp.

Ricardo Habbib, Esp.

RESUMO

O revestimento de fachadas com placas pétreas vem sendo muito utilizado na construção civil, devido a sua durabilidade e também o aspecto arquitetônico na valorização da edificação. Os sistemas de fixação utilizados atualmente são sistemas de adesão por argamassa e sistemas de fixação por *inserts* metálicos. Em edifícios com revestimentos de rochas em elevadas alturas, é utilizada fixação mecânica com *inserts* metálicos evitando muitas patologias e também maior segurança. A utilização de *inserts* metálicos torna a execução rápida e racionalizada. O sistema consiste em uma fixação afastada da parede, onde as placas pétreas são fixadas nos componentes metálicos que estão fixados na fachada ou em estruturas auxiliares, este sistema também é conhecido como fachada ventilada. O presente trabalho estuda a aplicação de um sistema de fixação de placas de granito com suportes metálicos, em um edifício com 125 metros de altura, onde é feito todo o acompanhamento da aplicação deste sistema. São abordadas as principais características e propriedades dos componentes utilizados no sistema segundo as normas existentes. Foi realizado também um relatório fotográfico da execução do sistema de fixação abordando todo procedimento.

Palavras-chave: *Insert* Metálico, revestimento de fachada, fachada ventilada.

ABSTRACT

The cladding with petri dish has been widely used in construction, due to its durability and also the architectural aspect in the valuation of the building. The fastening systems are currently used systems accession by mortar and fastening systems for metal *inserts*. In buildings with coatings of rocks at high altitudes, mechanical fastening is used with metal *inserts* avoiding the many diseases and also safer. The use of metal *inserts* makes the execution fast and streamlined. The system consists of a setting away from the wall, where the plates are fixed in immutable metal components are fixed on the facade or auxiliary structures, this system is also known as ventilated façade. This work studies the application of a fixed granite slab with metal supports in a building 125 meters high, which is done all the monitoring of the implementation of this system. It covers the main features and properties of the components used in the system according to existing standards. Was also carried out a photographic report of the execution of the fastening system covering the whole procedure.

Keywords: *Insert Metal, façade, ventilated façade.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Revestimento solicitado a tração	22
Figura 2: Sistema de fixação com <i>insert</i>	23
Figura 3: Sistema de <i>inserts</i> metálicos para fixação das placas pétreas	45
Figura 4: Esquema de fixação do grampo na estrutura	46
Figura 5: Sistema de <i>insert</i> metálico (modelo simples)	46
Figura 6: Sistema de <i>insert</i> metálico (modelo de transição)	47
Figura 7: Sistema de <i>insert</i> metálico (modelo especial)	47
Figura 8: Funções dos dispositivos de fixação de placas de rochas	48
Figura 9: Esquema de armazenagem das placas de rocha	53
Figura 10: Folgas mínimas entre placa inferior e o dispositivo de fixação	54
Figura 11: Furadeira para realizar furo na lateral da placa	56
Figura 12: Furo na estrutura para fixação do <i>insert</i>	57
Figura 13: Colocação do chumbador no furo da estrutura	57
Figura 14: Fixação do <i>insert</i>	58
Figura 15: Colocação da placa no <i>insert</i>	58
Figura 16: Regulagem e alinhamento final da placa	59
Figura 17: Aplicação de masticue entre as placas	59
Figura 18: Blocos do granito Marron Guaíba (Jazida Rio Grande do Sul)	61
Figura 19: Peças em alumínio para fixação	63
Figura 20: <i>Insert</i> Metálico fixado na placa de granito	63
Figura 21: <i>Insert</i> utilizado para o ensaio	68
Figura 22: Foto dos ensaios	70
Figura 23: Protótipo com prumada	72
Figura 24: Pilaretes	73
Figura 25: Cavaletes	73
Figura 26: Estrutura metálica	74
Figura 27: Estrutura em frete a paredes de alvenaria	74
Figura 28: Adesivo colado na parte de trás do <i>insert</i>	75
Figura 29: <i>Insert</i>	75

Figura 30: Recorte no granito	76
Figura 31: Peça colada no granito.....	76
Figura 32:Granito colocado na fachada	77
Figura 33: Peça com adaptações	78
Figura 34: Peça com adaptações	78
Figura 35: Juntas	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais acabamentos disponíveis para rochas de revestimento	26
Tabela 2: Requisitos para granitos	27
Tabela 3: Propriedades importantes para escolha e utilização de rochas em revestimentos conforme o emprego	27
Tabela 4: Normas técnicas para caracterização de rochas ornamentais	28
Tabela 5: Importancia dos conhecimentos das propriedades das rochas.....	31
Tabela 6: Normas Brasileiras de 1992	34
Tabela 7: Normas Brasileiras referentes a rochas para fachadas de 2010 ...	35
Tabela 8: Resultado de ensaios tecnológicos.....	62
Tabela 9: Pressão do vento a 16mm	65
Tabela 10: Pressão do vento a 30mm	66
Tabela 11: Teste de pressão negativa.....	66
Tabela 12: Resistência ao cisalhamento de duas peças	67
Tabela 13: Resistência ao cisalhamento de uma peça	67
Tabela 14: Pressão positiva.....	69
Tabela 15: Pressão negativa.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM – American Society for Testing and Materials

CEN – Comissão Europeia de Normalização

BSI – British Standard Institution

DIN – Deutsches Institut Für Normung

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	PROBLEMA.....	14
3.	OBJETIVOS	15
3.1.	OBJETIVO GERAL	15
3.1.1.	Objetivos Específicos.....	15
4.	HIPÓTESE.....	15
5.	JUSTIFICATIVAS	16
5.1.	TECNOLÓGICAS	16
5.2.	ECONÔMICAS	17
5.3.	ECOLÓGICAS	18
6.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
6.1.	HISTÓRICO DE REVESTIMENTOS EM FACHADAS	19
6.2.	FORMAS DE APLICAÇÃO DE GRANITO EM FACHADAS	19
6.2.1.	Revestimentos com Argamassas e Colas	20
6.2.1.1.	Manifestações Patológicas de Revestimentos com Argamassas e Colas.....	21
6.2.2.	Revestimentos com Componentes Metálicos	22
6.2.2.1.	Manifestações Patológicas de Granitos Fixados com Insets.....	24
6.3.	ESCOLHA DOS MATERIAIS	24
6.3.1.	Rochas Ornamentais	24
6.3.2.	Seleção do Material Pétreo	30
6.3.3.	Caracterização Tecnológica	32
6.3.4.	Juntas.....	32

6.3.5. Metais.....	33
6.4. NORMAS.....	34
6.5. ELABORAÇÃO DO PROJETO	35
6.5.1. Considerações sobre a elaboração de projeto	35
6.5.2. Solicitações de projeto	36
6.5.3. Peso Próprio	37
6.5.4. Choques.....	37
6.5.5. Deformações Térmicas	37
6.5.6. Efeitos da umidade e chuva	38
6.5.7. Ação do vento	38
6.5.8. Retração e Deformação Lenta da Estrutura	39
6.5.9. Aspectos a Serem Considerados no Dimensionamento	40
6.5.10. Características das Rochas	41
6.5.11. Características dos Componentes Metálicos para Fixação	42
6.5.12. Características da argamassa para assentamento	49
6.5.13. Características dos selantes	49
6.5.14. Geometria das placas.....	50
6.5.15. Elementos de projeto	50
6.6. EXECUÇÃO E INSPEÇÃO DO REVESTIMENTO	51
6.6.1. Manuseio e estocagem de materiais e componentes.....	52
6.6.2. Placas colocadas com dispositivo de fixação.....	53
6.6.3. Juntas.....	54
6.7. TÉCNICAS DE EXECUÇÃO	55
6.7.1. Pré - Requisitos	55
6.7.2. Descrição do Método de Execução	56

6.7.3. Sistema de Colocação	57
7. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	60
7.1. ESTUDO DE CASO	60
7.1.1. Rocha.....	60
7.1.2. Sistema de Fixação Adotado.....	62
7.1.3. Metais	64
7.1.4. Metodologia do Ensaio Sistema em Estudo.....	65
7.1.5. Resultados	65
7.1.6. Laudo Ensaio <i>Insert</i> Metálico de Pinos	68
7.1.7. Discussão de Resultados	71
7.1.8. Fotos.....	71
7.1.9. Análise Econômica da Obra.....	79
7.1.10. Comparação dos Custos	82
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
10. APÊNDICES	88

1. INTRODUÇÃO

Há muitos anos, as placas pétreas estão sendo amplamente utilizadas como matéria-prima na construção civil, podendo ainda ser utilizadas em arquitetura, arte funerária, arte e decoração. Devido a sua beleza, versatilidade, diversidade de cores, texturas e durabilidade, as placas pétreas estão sendo estimuladas para o uso em revestimentos de fachadas. Portanto, esse tipo de revestimento contém particularidades que serão estudadas nesse trabalho.

Segundo Grillo (2010), as rochas ornamentais são aplicadas, principalmente em pisos e revestimentos. Cerca de 70 % da produção mundial de mármore e granitos é utilizada na forma de pisos e em revestimentos de parede e fachadas, 17,5% em arte funerária, 9,5% em decoração e 3,5% em outras aplicações.

Para a execução satisfatória do revestimento de fachada, é necessária a elaboração de um projeto bem detalhado para a mesma. O mal planejamento dos revestimentos de fachadas com placas pétreas, traz diversas falhas na execução da fachada. Erros comuns que acometem o revestimento de fachada de edifícios são: manchas por eflorescências, quedas e deslocamentos devido ao desconhecimento na especificação das argamassas e erros na execução da colocação dos *inserts*.

A instalação de pedras no revestimento de fachada do edifício requer processo cuidadoso que garanta a segurança e a qualidade da obra, preservando a resistência do material. Para a obtenção de resultados satisfatórios, deve-se levar em conta o corte das pedras nas jazidas e as especificações do sistema de fixação. Portanto, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) desenvolveu estudos dos quais geraram subsídios para elaboração de projetos e diretrizes de execução de fachadas em placas de pedras, normalizando as características e propriedades do material.

Atualmente utilizam-se como métodos de fixação os sistemas de adesão por argamassa ou de fixação por *inserts* metálicos, também conhecidos como fachada ventilada, fachada aerada ou fachada não aderida. Este sistema de fixação por *inserts* metálicos foi desenvolvido nos Estados Unidos e Alemanha.

Segundo Costa (2011), o afastamento entre a parede do edifício e o revestimento cria uma câmara de ar em movimento que produz uma ventilação natural e contínua da parede do edifício, chamado de efeito chaminé. Este caracterizado pela entrada de ar frio pela parte inferior e saída do ar quente pela parte superior. Com o arejamento da parede evitam-se concentração de umidades e condensações o que traz benefícios de conforto térmico ao edifício. As fachadas ventiladas constituem uma eficiente solução na resolução de problemas térmicos nos edifícios garantindo ainda uma elevada qualidade estética, grande funcionalidade e proteção dos agentes externos. Uma fachada ventilada revestida é também um excelente método para ocultar as fissuras e outros defeitos que inevitavelmente vão aparecendo ao longo do tempo nas fachadas dos edifícios.

Os *inserts* metálicos são peças fabricadas em aço inox ou liga de alumínio 6063 que tem como característica a alta resistência a corrosão. Estes *inserts* possuem formas variadas para atender a cada necessidade ou situação de aplicação nas placas de rochas ornamentais.

O presente estudo compara economicamente dois tipos de ancoragem metálica existentes no mercado e relata a execução da fachada com *insert* de alumínio “dentado”, utilizado pela primeira vez na construção civil, em um edifício com 125 metros de altura, na cidade de Curitiba, estado do Paraná, tendo como foco as dificuldades e facilidades encontradas no procedimento. Para execução do trabalho, foram realizados acompanhamentos fotográficos da obra em estudo, planilhas financeiras comparando os dois sistemas de *inserts*, também foram feitos ensaios de pressão, sucção e resistência ao cisalhamento para os 2 tipos de *inserts* e por fim será feita comparação dos laudos e planilhas financeiras.

2. PROBLEMA

É viável economicamente a utilização do *insert* metálico de alumínio em estudo, comparando-se o mesmo com o *insert* disponível no mercado.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo comparar o sistema de ancoragem metálica de *inserts* com placas pétreas em fachadas de edifícios, comparando os *inserts* existentes no mercado com o *insert* que está sendo estudado nesse projeto de pesquisa. Será analisado e feito o acompanhamento de todos os procedimentos tais como, a preparação do granito, os materiais utilizados para as fixações das placas de granito, a execução e os resultados de sua fixação, como também a comparação financeira do *insert* em estudo com o *insert* mais utilizado atualmente.

3.1.1. Objetivos Específicos

- Avaliar as dificuldades e facilidades da execução da fachada do edifício em estudo;
- Fazer uma análise de custo da fachada do edifício em estudo, com os *inserts* metálicos existentes e com o *insert* de alumínio

4. HIPÓTESE

Considerando que, com a utilização do *insert* metálico de alumínio ocorrerá uma redução na espessura das chapas de placas pétreas utilizadas na fachada, e uma maior produtividade da mão de obra, conseqüentemente haverá uma redução de custos globais do serviço de execução de fachada, sendo viável economicamente a utilização do mesmo.

5. JUSTIFICATIVAS

5.1. TECNOLÓGICAS

A pedra natural é um dos materiais usados há mais tempo na construção devido à sua durabilidade, resistência e à qualidade estética que proporciona às construções.

Nas ultimas décadas, o Brasil vem aumentando a sua participação na exportação de produtos pétreos acabados, como exemplo, chapas brutas, chapas polidas, placas, ladrilhos e outros. Esse aumento se dá graças ao aprimoramento tecnológico que vem ocorrendo nos últimos anos, tornando o produto nacional competitivo frente aos internacionais.

A fixação de mármore e granitos com *inserts* metálicos surgiu da necessidade de melhoria nas condições de segurança, qualidade no assentamento das peças, proporcionar maior conforto térmico e garantir maior agilidade em revestimentos externos de fachadas.

As primeiras obras executadas com esse sistema surgiram na Europa e nos Estados Unidos na década de 1960, sendo trazido para o Brasil, à cerca de 20 anos. Desta época até a atualidade este sistema tem sido difundido por todo o mundo e as técnicas foram evoluindo com o desenvolvimento da tecnologia de fixação e metodologia de aplicação.

Observa-se atualmente uma tendência dos projetistas, no sentido de especificar novos materiais e tecnologias construtivas no que diz respeito às vedações e revestimentos de fachadas, procurando incorporar uma maior valorização estética ao empreendimento, incrementar a produtividade e reduzindo a incidência de manifestações patológicas.

O presente estudo foi escolhido por ser um sistema inovador, com *inserts* de alumínio para fixação de placas de granito com grandes dimensões em elevadas alturas. Que contribui à difusão e desenvolvimento do uso de placas pétreas como revestimento de fachada.

5.2. ECONÔMICAS

Desde os tempos pré-históricos, as pedras naturais têm sido utilizadas para os mais diversos fins. Inicialmente com a função estética e ornamental, as civilizações antigas difundiram seu emprego por meio da escultura e arquitetura. Finalmente consolidaram seu uso nas mais audaciosas obras públicas da antiguidade, utilizando-as como elemento estrutural em grandes construções, inspirando opulência e durabilidade.

A construção civil está em constante evolução e assim, serviços críticos como revestimentos de fachadas são preocupações constantes das empresas, impulsionando a busca por metodologias mais evoluídas. Portanto o fator econômico é um dos principais quesitos a serem discutidos numa fachada de edifício. Com isso os custos de aplicação e de manutenção, devido a má escolha das pedras ornamentais e a aplicação errada dos *inserts* metálicos, devem ser levados em conta na escolha do tipo de fachada a ser utilizada, o tipo de pedra ornamental e a tecnologia de *inserts* metálicos que vai trazer uma redução no custo total da obra.

Todos esses fatores têm levado as empresas construtoras a buscarem o aumento da qualidade das obras aliado à redução dos custos de produção, sempre comparando as diversas formas existentes no mercado, para realizar de maneira satisfatória, a fachada de edifícios com placas pétreas.

Os modelos de *inserts* metálicos existentes proporcionam apenas, a realização de fachadas com revestimento mínimo de 30 mm de espessura em placas pétreas acima de 1,0 m². Uma das vantagens do *insert* metálico de alumínio em estudo nesse trabalho, é a redução da espessura das chapas ornamentais maiores de 1,0 m² para 20 mm, e principalmente a redução de mão de obra e aumento da produtividade na execução da fachada em comparação com os *inserts* utilizados atualmente. Devido a esses fatores, consequentemente, ocorre uma redução nos custos globais da fachada.

5.3. ECOLÓGICAS

No mercado mundial de extração de pedras ornamentais, o Brasil ocupa um lugar de grande destaque. O Brasil extrai cerca de 5,2 milhões de toneladas de rochas ornamentais por ano e 80% dessas rochas vem do Espírito Santo, Minas Gerais e Bahia, segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais – Abirochas, 2000.

Dentro dos setores que utilizam no nosso país essa matéria-prima, um dos maiores consumidores é a construção civil, com uma parcela relevante desse consumo na utilização para revestimento de fachadas de edifícios principalmente nos grandes centros urbanos.

Por ser extraída da natureza, a pedra tem características físicas, mecânicas e químicas variáveis, em função de seu tipo e da jazida de origem, mas como toda extração da natureza, deve ser feita de forma racional e sustentável. Entretanto, sua resistência e sua durabilidade também estão condicionadas ao sistema utilizado para a fixação das placas.

A aplicação de placas pétreas na construção civil não exige numerosas transformações na pedra, o que demandaria grandes quantidades de energia e processos químicos nocivos ao meio ambiente. O sistema de fixação das placas pétreas com os *inserts* metálicos causa uma queda no impacto ambiental, devido a racionalização do método de execução de fachada de materiais pétreos ornamentais, com a redução de matéria prima e de resíduos. O *insert* utilizado na ancoragem das peças, devido a natureza do material utilizado na sua fabricação, pode ser reciclado.

Todos esses fatores foram apresentados como justificativa pelo fato de que a consciência ecológica vem se tornando uma grande necessidade.

6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

6.1. HISTÓRICO DE REVESTIMENTOS EM FACHADAS

Graças à sua perenidade e beleza intrínseca, a pedra vem sendo utilizada como matéria-prima da construção há milhares de anos. Esses aspectos também impulsionaram sua especificação como revestimento de fachadas.

Segundo Siqueira (2003), os revestimentos da fachada devem apresentar as propriedades para os fins a que se destinam: proteção e vedação da edificação contra a ação de agentes externos agressivos, efeitos estético e valorização patrimonial, compatíveis com a nobreza e custo elevado do material.

Siqueira (2003) afirma, que os revestimentos de fachadas em muitas ocasiões não são devidamente planejados. Torna-se necessária a elaboração de um projeto específico, com o detalhamento de interferências, propriedades dos materiais, normalizações pertinentes, juntas de dilatação, metodologia de execução e conciliação com outros elementos integrantes da fachada.

Aliado a isto, observam-se falhas devido ao controle deficiente, na seleção e recebimento de materiais, na preparação da argamassa de assentamento, na execução dos serviços de assentamento e acabamento final.

Como resultado final, obtém-se um revestimento de baixa qualidade e de desempenho insatisfatório, sem condições de atender à elevada durabilidade e impermeabilidade esperadas deste tipo de revestimento.

A fixação das placas de granito e outros tipos de pedras com *inserts* metálicos em fachada começaram a ser executada a partir da década de 1980, passando a substituir, gradativamente, o sistema convencional, de assentamento com argamassa.

6.2. FORMAS DE APLICAÇÃO DE GRANITO EM FACHADAS

Segundo Moreira, *et al.* (2007) no Brasil e no mundo as várias maneiras de montar revestimentos de rochas ornamentais em fachadas, estão agrupadas em 2 procedimentos de uso corrente, tais como:

- Assentamento com argamassa, com ou sem grampo;
- Fixação por *inserts* metálicos dos mais variados tipos, diretamente na alvenaria ou na estrutura;

Observa-se que o sistema de assentamento com argamassas trata-se de uma colocação mais simples, porém perigosa, quanto à segurança (soltura das peças) no decorrer dos anos. Utilizado geralmente em pequenas edificações, não muito altas, para poucas dezenas de anos. Atende perfeitamente o modismo de plantão, não podendo ser usada em edificações altas e com duração de centenas de anos.

Verifica-se que no sistema de *inserts* a funcionalidade é perfeita, atendendo todas as edificações, inclusive para edificações mais altas e duração de centenas de anos. Têm, no entanto, a restrição de serem placas fixadas dependendo da pré-alvenaria com estruturas auxiliares, para fixar placas com superfície aproximada de 1,50 m² a 1,80 m².

6.2.1. Revestimentos com Argamassas e Colas

O procedimento de assentamento de placas de granito com argamassa colante ou colas especiais, por adesão físico-química devem ser bem executadas pelo construtor para garantir uma boa fixação e prevenir patologias.

A argamassa de assentamento tem a função de unir a pedra ao substrato, proporcionando aderência do conjunto.

A utilização de fixação com argamassa se restringe a diversos fatores, as normas antigas, NBR 13.707 – Projeto de revestimento de paredes e estruturas com placas de rocha recomenda: exigiam que a fixação somente com argamassa fosse de no máximo 3 metros de altura. Entre 3 metros e 15 metros, era necessária a utilização de grampos fixados em telas. Acima de 15 metros, era necessária que a fixação fosse feita através de *inserts* metálicos. As normas atuais não dizem nada a respeito dessas faixas de altura, para fixação das placas pétreas.

6.2.1.1. Manifestações Patológicas de Revestimentos com Argamassas e Colas

As manifestações patológicas podem ocorrer por falhas de execução, o não cumprimento das normas, ou também problemas relacionados aos materiais utilizados. As mais conhecidas são: o deslocamento de placas, as manchas e eflorescências.

Segundo Moreira, *et al.* (2007) as argamassas de cimento utilizadas no assentamento de revestimentos tem sua resistência ligada ao teor do aglomerante que por ser necessariamente rico para as condições impostas pelo peso do revestimento, provoca tensões de retração elevadas. Pela baixa deformabilidade das argamassas ricas, as tensões tendem a provocar fissuração ou seu desprendimento do substrato ou da placa de granito.

Eventos formadores de tensões nas argamassas:

- Retração da argamassa que liga os elementos das alvenarias;
- Retração excessiva da argamassa de assentamento do revestimento, de traço rico, elevado fator água/cimento e em alguns casos excessivamente espessa;
- Deformação lenta do concreto da estrutura;
- Deformação dos pilares e vigas sobre os revestimentos verticais;
- Recalques de fundações;
- Deformações originárias de variação de umidade do ar atuando nas argamassas já endurecidas;
- Deformações originárias por infiltração da água pelas fachadas;
- Dilatação higroscópica dos revestimentos de granito;
- Dilatação térmica por variação de temperatura;
- Dilatação térmica por insolação;

A combinação destes efeitos, com maior ou menor magnitude, certamente acarreta a formação de tensões permanentes e variáveis no revestimento e na sua ligação ao suporte, acabando por romper estas ligações, pela fadiga ou magnitude das tensões. Na figura abaixo revestimento solicitado a tração.

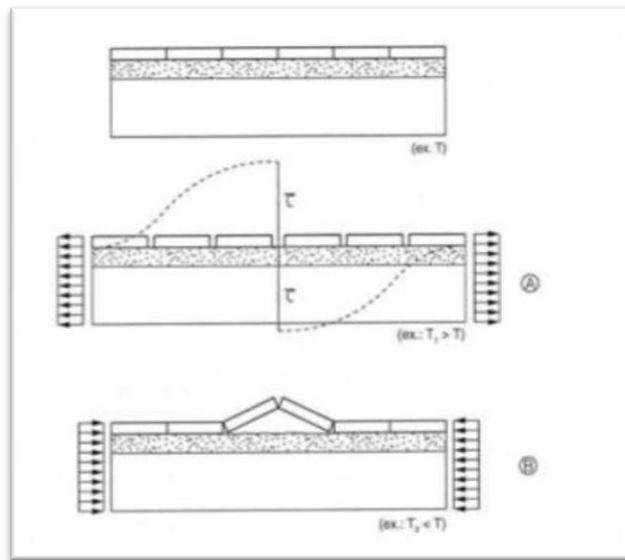


Figura 1: Revestimento solicitado a tração

Fonte: Manual de Argamassas e revestimentos

Moreira, *et al.* (2007) afirma que as manchas e eflorescências podem estar relacionadas a problemas como infiltrações de água através das falhas ou da porosidade do rejuntamento, excesso de água de amassamento da argamassa ou presença de impurezas nas areias.

A eflorescência é formada por sais de metais alcalinos que se depositam na superfície dos revestimentos.

Segundo Flain (1995), para o revestimento com placa de pedra, se for fixado com argamassa convencional, a absorção das deformações passa a ser função desta argamassa, dos próprios componentes e das juntas entre estes. Quando fixados por componentes metálicos, a absorção das deformações é função dos detalhes construtivos existentes naqueles componentes, permitindo sua movimentação, bem como das características das juntas da camada de acabamento.

6.2.2. Revestimentos com Componentes Metálicos

Segundo Moreira, *et al.* (2007), os revestimentos com *inserts* metálicos são mais seguros e práticos que os de adesão com argamassa, pois sua fixação é rápida com menos mão-de-obra.

Para Moreira, *et al.* (2007), o componente metálico é o suporte responsável pela sustentação das placas pétreas. São conhecidos como *inserts* ou dispositivos metálicos, com função de fixar mecanicamente a camada de acabamento à fachada, deixando uma camada vazia entre a placa e a superfície do edifício. Esta camada isolante é responsável pela circulação de ar entre os elementos, pela eliminação da condensação formada em seu interior, formada pelas variações térmicas entre o exterior e o interior. Esta camada então pode melhorar o conforto térmico da edificação e também o isolamento acústico.

Os dispositivos de fixação variam de formas, que definem comercialmente alguns tipos de fixação, tais como o sistema alemão e o sistema americano. No sistema alemão, onde ocorre o contato do componente metálico com a placa em forma de pinos, e no sistema americano, onde ocorre o contato do componente metálico em forma de chapas ou perfis.

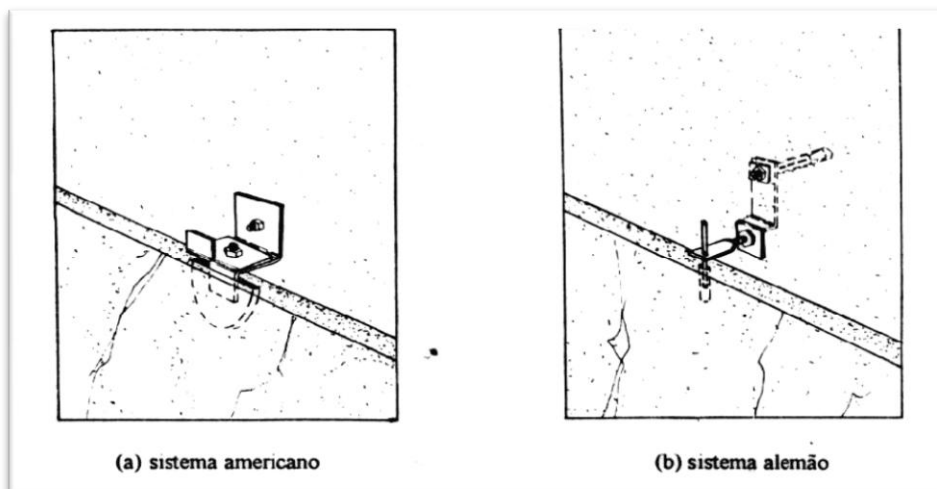


Figura 2: Sistema de fixação com *insert*

O sistema de ancoragem dos *inserts* metálicos podem ser de 2 formas:

- Chumbamento direto ao suporte, fixado no substrato;
- Fixados em estruturas metálicas que estão fixadas no substrato.

6.2.2.1. Manifestações Patológicas de Granitos Fixados com Insets

Segundo Moreira, *et al.* (2007), o sistema de fixação com *inserts*, apesar de estar sendo bastante difundido, também apresenta desvantagens. O sistema de fixação mecânica apresenta custo mais elevado em comparação com os sistemas aderidos. Essa desvantagem não é decorrente somente da mão de obra, mas do processo como um todo. Necessita-se de mão de obra especializada para assentamento e o custo das peças de aço inox ainda é elevado.

O apoio da rocha é foco recorrente de manifestações patológicas. Isso porque a furação pode desagregar os minerais ou, então, de acordo com a composição da rocha podem existir minerais com alto índice de microfraturamento e baixa resistência mecânica.

Também podem ocorrer manchas nas pedras da fachada devido ao aparecimento de ferrugem decorrente do elemento de fixação.

6.3. ESCOLHA DOS MATERIAIS

A escolha dos materiais é muito importante para o funcionamento do sistema, levando em conta toda a função que eles vão exercer. O revestimento das vedações verticais deve estar ligada, principalmente, às características dos mesmos considerando-se a sua utilização, no caso da pedra, se exterior ou interior.

6.3.1. Rochas Ornamentais

A norma NBR 15012 - Rochas para revestimentos de edificações (ABNT, 2003), define rocha ornamental como “material rochoso natural submetido a diversos graus ou tipos de beneficiamento, utilizado para exercer função estética”.

Segundo Moreiras (2005), do ponto de vista comercial, as rochas são agrupadas em dois tipos, os mármore e os granitos. Os mármore englobam todas as rochas carbonáticas e os granitos abrangem, genericamente, as rochas silicáticas (granitos, serpentinitos, gnaisses, migmatitos, sienitos, charnockitos, gabros, basaltos,

dioritos, etc). Alguns outros tipos litológicos inclusos no campo das rochas ornamentais são os arenitos, os quartzitos e as ardósias.

Na escolha de rochas ornamentais o fator estético é muitas vezes decisivo. Ele é resultado da harmonia entre as cores, tamanhos, formas e arranjo entre os minerais. Essas características ficam mais bem realçadas pelo acabamento dado a superfície da rocha.

Para Moreiras (2005), uma das rochas mais utilizadas para revestimento de fachadas é o granito. Quando seu acabamento é polido, melhora a aparência tanto esteticamente como funcionalmente por absorver menos água, e reter menos partículas de poluição. Os principais acabamentos disponíveis para rochas ornamentais se encontram na Tabela 1.

Acabamento	Características
Polido	Acabamento plano, liso, lustroso e altamente refletivo produzido por abrasão mecânica e polimento.
Levigado	Acabamento plano e não reflexivo, produzido por abrasão mecânica em diferentes graus.
Flameado (ou térmico)	Acabamento realizado por uma rápida exposição do material a uma chama em alta temperatura (maçarico), resultando na esfoliação da superfície da rocha, tornando-a rugosa.
Jato de areia ou Jateamento	Acabamento produzido por um jato de partículas altamente abrasivas em alta velocidade. Seu resultado é uma superfície finamente rugosa que, em geral, deixa a superfície um pouca mais clara do que sem acabamento.
Apicoado	Acabamento conseguido por meio de um martelo pneumático com cabeça em martelo, com numerosas pontas. O resultado é uma superfície rugosa, com relevo de até vários milímetros. A

	direção de aplicação do acabamento pode ou não ser observável.
Quebra (<i>Split</i> ou <i>Splitface</i>)	Refere-se a superfície de quebra natural que se dá quando a rocha é obtida por meio de cunhas.
Alisamento (<i>Smooth</i>)	Como sugerido pelo próprio nome, trata-se de uma superfície plana com mínima interrupção.
Serragem (<i>Sawn</i>)	Termo geral que descreve uma superfície serrada. Comparativamente é mais rústica que o padrão levigado ou alisado
Fratura Natural	Superfície de quebra natural conseguida pela separação de material ao longo de planos naturais de clivagem. Geralmente utilizado para ardósias, mas pode ser aplicado em outros tipos de rocha.

Tabela 1: Principais acabamentos disponíveis para rochas de revestimento

Fonte: ASTM C 1528:2002 (Copiada a versão traduzida em Frascá-2004).

A escolha da pedra deve considerar também seus aspectos estéticos como as características petrográficas, propriedades físico-mecânicas, porosidade, absorção de água, dilatação linear e alterações na aparência. As rochas devem ser coesas e livres de defeitos, tais como fissuras, fraturas, inclusões, que venham afetar sua integridade estrutural para a sua utilização. Os requisitos para utilização de granitos em revestimento de fachadas constam na Tabela 2.

PROPRIEDADES	REQUISITOS	NORMA
Densidade aparente (kg/m ³), min.	2550	ABNT NBR 15845
Porosidade aparente (%), máx.	1,0	ABNT NBR 15845
Absorção d'água (%), Max	0,4	ABNT NBR 15845
Módulo de ruptura (flexão por três pontos) (MPa), min.	10,0	ABNT NBR 15845
Resistência à flexão por quatro pontos (MPa), min.	8,0	ABNT NBR 15845
Resistência ao desgaste (mm/1000m), máx	1,0	ABNT NBR 12042
Resistencia ao impacto de corpo duro (m), min.	0,3	ABNT NBR 15845
Coeficiente de dilatação térmica linear [10 ³ mm/(m x °C)], Max	8,0	ABNT NBR 15845
Resistencia à compressão uniaxial (MPa),min	100	ABNT NBR 15845

Tabela 2: Requisitos para granitos

Fonte: NBR 15844, 2010

A Tabela 3 apresenta os principais ensaios em função do local e do ambiente de uso. Como pode ser percebido na tabela abaixo, dos 9 ensaios apresentados, para execução da fachada são importantes a realização de 8 deles.

Características Tecnológicas	Pisos		Paredes		Fachadas	Tampos de cozinha
	Interior	Exterior	Interior	Exterior		
Análise Petrográfica	x	x	x	x	x	X
Absorção D'água	x	x	x	x	x	X
Resistência ao Desgaste Amsler	x	x				
Resistência à Compressão			x	x	x	
Resistência à Flexão	x	x			x	X
Coefficiente de Dilatação Térmica Linear	x		x		X	
Acabamento superficial	x	x	x		x	X
Resistência a agentes de limpeza	x	x	x	x	x	X
Durabilidade	x		x		x	x

Tabela 3: Propriedades importantes para escolha e utilização de rochas em revestimentos conforme o emprego

Fonte: Frascá. (2004)

As normas referentes aos ensaios das rochas estão apresentadas na Tabela 4.

ENSAIO	NORMA ABNT	NORMA ASTM
Análise Petrográfica	ABNT NBR 15845	ASTM C-295
Índices Físicos	ABNT NBR 15845	ASTM C-97
Resistência à Flexão	ABNT NBR 15845	ASTM C-99 / C-880

Resistência ao Impacto de Corpo Duro	ABNT NBR 15845	ASTM C-170
Resistência à Compressão	ABNT NBR 15845	ASTM D-2938 / C-170
Coeficiente de Dilatação Térmica Linear	ABNT NBR 15845	ASTM E-228
Congelamento e Degelo Conjugado à Compressão	ABNT NBR 15845	Nd
Desgaste Amsler	ABNT NBR 6481	ASTM C-241
Módulo de Deformabilidade Estática	nd	ASTM C-3148
Micro Dureza Knoop	nd	Nd

Tabela 4: Normas técnicas para caracterização de rochas ornamentais

Fonte: ABNT e ASTM.

A Norma NBR 15845 – Rochas para revestimento – método de ensaio (ABNT, 2010) especifica métodos para análise petrográfica; determinação da densidade aparente, da porosidade aparente e da absorção de água; do coeficiente de dilatação térmica linear; das resistências ao congelamento e degelo, à compressão uniaxial, à flexão por carregamento em três pontos (módulo de ruptura) e em quatro pontos, e ao impacto de corpo duro em rochas que se destinam ao uso como materiais de revestimento de edificações, com exceção de ardósias.

Os procedimentos para análise petrográfica e para determinação das propriedades físicas e mecânicas das rochas utilizadas em revestimento constam nos Anexos da norma conforme a seguir:

Anexo A – Análise petrográfica;

Este Anexo especifica um método para execução da análise petrográfica de rochas que se destinam ao uso como materiais de revestimento de edificações.

Anexo B – Determinação da densidade aparente, da porosidade aparente e da absorção de água;

Este Anexo especifica um método para determinação da densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água de rochas que se destinam ao uso como materiais de revestimento de edificações.

Anexo C – Coeficiente de dilatação térmica linear;

Este Anexo especifica um método para determinação do coeficiente de dilatação térmica linear em rochas que se destinam ao uso como materiais de revestimento de edificações.

Anexo D – Resistência ao congelamento e degelo;

Este Anexo especifica um método para determinação da resistência ao congelamento e degelo em rochas que se destinam a materiais de revestimento de edificações, com avaliação do efeito por ensaio de resistência mecânica, conforme os Anexos E, F e G.

Anexo E – Resistência à compressão uniaxial;

Este Anexo especifica um método para determinação da tensão de ruptura na compressão uniaxial de rochas que se destinam ao uso como materiais de revestimento de edificações.

Anexo F – Módulo de ruptura (flexão por carregamento em três pontos);

Este Anexo especifica um método para determinação da resistência à flexão, por carregamento em três pontos (módulo de ruptura), de rochas que se destinam ao uso como materiais de revestimento de edificações.

Anexo G – Flexão por carregamento em quatro pontos;

Este Anexo especifica um método para determinação da tensão de ruptura na flexão, por carregamento em quatro pontos, de placas de rochas que se destinam ao uso como materiais de revestimento de edificações.

Anexo H – Resistência ao impacto de corpo duro.

Este Anexo especifica um método para determinação da resistência ao impacto de corpo duro de rochas que se destinam ao uso como materiais de revestimento de edificações.

6.3.2. Seleção do Material Pétreo

Para a utilização correta dos materiais pétreos na construção civil, deve-se ter o conhecimento de suas propriedades. Segundo Oliveira (2005), as propriedades dos materiais rochosos que interessam para o seu emprego numa obra são chamadas de propriedades de engenharia ou de construção ou de tecnológicas. Deve-se qualificar o material rochoso em relação a suas propriedades. Assim, a qualidade de uma rocha será conhecida pela sua composição química, mineralógica, petrográfica (textura e estrutura) e pelas propriedades físicas e físico-mecânicas daí decorrentes. Todas as propriedades de uma rocha podem ser determinadas em laboratório e algumas em campo, por técnicas apropriadas e conduzidas por procedimentos padronizados.

A seleção de rochas adequadas para uso numa dada obra, que requeira a mais alta qualidade com o mais baixo custo, não pode prescindir do conhecimento da grande variedade de propriedades que apresentam e, para cada tipo de aplicação das rochas, é exigido o conhecimento de um dado conjunto de suas propriedades.

Oliveira (2005) afirma que mesmo para uma dada aplicação, deverá haver uma hierarquia, em termos de importância, de modo atender funções específicas numa dada obra, que pode ser considerada de forma genérica, como sugerida na Tabela 5.

Propriedades	Revestimentos de edificações
Características petrográficas	Pouco importante
Índices físicos	Pouco importante
Velocidade de propagação de ondas longitudinais	Muito importante
Coeficiente de dilatação térmica	Pouco importante
Distribuição granulométrica	Não aplicável
Forma do agregado	Não aplicável
Reatividade potencial	Não aplicável
Adesividade	Não aplicável
Alterabilidade	Pouco importante

Resistência ao desgaste	Pouco importante
Resistência ao impacto	Pouco importante
Resistência ao esmagamento	Não aplicável
Resistência à compressão	Muito importante
Resistência à flexão	Pouco importante
Módulo de deformabilidade	Muito importante

Tabela 5: Importancia dos conhecimentos das propriedades das rochas

Fonte: Oliveira (2005)

Para Oliveira (2005), as análises, as determinações e os ensaios rotineiros para qualificação dos materiais rochosos para a construção civil são muito diversificados.

Os procedimentos adotados para seu conhecimento são abrangidos pelos termos caracterização tecnológicos e as técnicas adotadas são chamadas de ensaios tecnológicos.

Os ensaios tecnológicos mais adotados no Brasil foram revisados e organizados dentro de uma mesma norma, NBR 15845 – Rochas para revestimento – Metodos de ensaio (ABNT 2010), estes insaios estão listados abaixo:

- Análise petrográfica
- Densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água
- Coeficiente de dilatação térmica linear
- Resistência ao congelamento e degelo
- Resistência à compressão uniaxial
- Módulo de ruptura (flexão por carregamento em três pontos)
- Flexão por carregamento em quatro pontos
- Resistência ao impacto de corpo duto

Para Oliveira (2005), a padronização de procedimento é dita normalização e o produto é chamado de norma.

A normalização permite tornar mais homogêneo e preciso o tratamento dado a um determinado assunto, tais como execução de ensaios e de análises,

denominação adequada de materiais e processos, representação iconográfica e matemática das propriedades, especificação de qualidade requerida para materiais e serviços, dentre outros requisitos. No caso de ensaios, permite conferir maior segurança aos resultados obtidos em diferentes materiais rochosos e diferentes tipos petrográficos de um mesmo material.

As normas catalogadas referem-se a amostragem, terminologia, nomenclatura, métodos de ensaio e especificações.

6.3.3. Caracterização Tecnológica

A caracterização tecnológica de rochas é realizada por meio da execução de ensaios e análises baseados em normas. Diversas entidades nacionais e internacionais trabalham na padronização dos procedimentos de ensaio: ABNT, ASTM, CEN, BSI, DIN, entre outros.

No geral, no Brasil adotam-se as normas da ABNT.

Segundo Frascá (2000), o principal objetivo da realização de ensaios tecnológicos é a obtenção de parâmetros físicos, mecânicos e petrográficos do material in natura, que permitem a qualificação da rocha para uso no revestimento de edificações.

A maior parte dos ensaios procura representar as diversas solicitações às quais a rocha estará submetida durante todo o processamento até seu uso final, quais sejam, extração, esquadreamento, serragem dos blocos em chapas, polimento/lustração das placas, recorte em ladrilhos etc.

6.3.4. Juntas

Segundo Moreira, *et al.* (2007), as placas pétreas podem ou não ter vedações dependendo de seu projeto, geralmente vedações ou juntas são feitas com silicones ou argamassas, que são eficientes se executadas de forma correta.

As juntas devem ser previstas no revestimento que coincidam, em comprimento e largura, com as juntas de dilatação ou movimentação existentes no suporte.

A principal função das juntas é absorver as deformações resultantes das movimentações da estrutura, de origens térmicas e higroscópicas provenientes das camadas constituintes do sistema de revestimento.

A largura das juntas é importante, pois cada pedra tem um diferente coeficiente de dilatação linear, para se projetar a largura das juntas, é necessário conhecer bem as características da pedra que será utilizada.

A escolha dos silicones ou poliuretanos como selantes é normalmente utilizada.

6.3.5. Metais

Moreira, *et al.* (2007), afirma que os metais que podem ser utilizados como dispositivo de fixação das placas, devem ter uma característica fundamental, ser inalteráveis e ser constituídos por ligas metálicas que possuam elevadas resistências mecânicas e à corrosão. Os metais utilizados no mercado para este fim são o aço inoxidável, o cobre e suas ligas, o aço carbono revestido e o alumínio.

Segundo a NBR 15846 – Rochas para revestimento- Projeto, execução e inspeção de revestimentos de fachadas de edificações com placas fixadas por *inserts* metálicos (ABNT, 2010), é recomendada a utilização de aço inoxidável, devido às suas características superiores de resistências mecânicas e à corrosão ou de outros tipos de liga que apresentem características de resistência à corrosão igual ou superiores às do aço inoxidável.

Estes componentes terão as funções de fixar as placas, suportando seu peso próprio, ação do vento e todas as demais cargas possíveis de atuação. Eles devem permitir a livre movimentação das placas, de forma que não sejam transmitidas tensões adicionais ao revestimento. Os componentes devem ser suficientemente ajustáveis para que possam absorver os eventuais desvios de prumo e de planeza do suporte.

O alumínio apresenta boa resistência quanto a agentes externos, intempéries, raios-ultravioletas, abrasão e riscos, proporcionando elevada durabilidade em ambientes agressivos. Sua versatilidade se deve às suas propriedades e excelente performance na maioria das aplicações.

6.4. NORMAS

Em 1992 foram criadas normas para implantação de sistemas não aderidos como mostra o Tabela 6.

Norma	Descrição
NBR 12763	Determinação da Resistência à Tração
NBR 12764	Determinação da Resistência ao Impacto de Corpo Duro
NBR 12765	Determinação do Coeficiente de Dilatação Térmica Linear
NBR 12766	Determinação da Massa Específica, Porosidade e Absorção Água
NBR 12767	Determinação da Resistência à Compressão Uniaxial
NBR 12768	Análise Petrográfica
NBR 12769	Ensaio de Congelamento e Degelo conjugado à verificação da resistência à compressão
NBR 13707	Projeto de Revestimento de Paredes e Estruturas com Placas de Rochas
NBR 13708	Execução e Inspeção de Revestimento de Paredes e Estruturas com Placas de Rocha

Tabela 6: Normas Brasileiras de 1992

Fonte: ABNT, 1992

Porém em 2010, novas normas foram criadas para substituir as de 1992, as quais podem ser vistas na Tabela 7. Estas normas que serão utilizadas no presente trabalho.

Norma	Descrição
NBR 15844	Requisitos para granitos
NBR 15845	Métodos de Ensaio
NBR 15846	Projeto, execução e inspeção de revestimento de fachadas de edificações com placas fixadas por <i>insertos</i> metálicos

Tabela 7: Normas Brasileiras referentes a rochas para fachadas de 2010

Existem também algumas normas internacionais, que tratam dos mesmos pontos, mas com especificidades de cada continente ou país. As normas internacionais são mais abrangentes e em muitos casos, específicas para cada tipo de rocha.

6.5. ELABORAÇÃO DO PROJETO

6.5.1. Considerações sobre a elaboração de projeto

Flain (1994) recomenda que para se chegar a etapa final da fase de projeto, que é a do desenvolvimento propriamente dito, os profissionais envolvidos com a elaboração do mesmo, considerem todos os fatores importantes, principalmente no que diz respeito a qualidade, ao desempenho e ao custo do produto final. Aliado a isso, é necessário o conhecimento de parâmetros, que poderão interferir de forma direta ou indiretamente no resultado final do projeto.

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 e menor custo.

A seguir faz-se uma abordagem de alguns destes parâmetros para o projeto de revestimento de fachadas com placas de pedra descritas por Flain (1994).

6.5.2. Solicitações de projeto

Segundo a NBR 15846 – Rochas para revestimento- Projeto, execução e inspeção de revestimentos de fachadas de edificações com placas fixadas por *inserts* metálicos (ABNT, 2010), as solicitações a que as placas de rocha, assim como seus componentes de fixação estarão sujeitos durante a obra e a vida útil do revestimento são as seguintes:

- cargas paralelas ao plano das placas;
- peso próprio das placas;
- peso próprio de eventual camada de isolamento térmica.

b) cargas perpendiculares ao plano das placas;

- ação de ventos (pressões positivas e negativas);
- pressões internas;
- impactos acidentais;
- peso próprio das placas quando colocadas na horizontal

c) solicitações devidas ao movimento relativo do substrato do revestimento:

- deformações devidas a variações higrotérmicas;
- deformações permanentes devidas à retração e à deformação lenta do concreto;
- deformações permanentes devidas à movimentação das estruturas metálicas e em alvenaria

Sob ação do vento, as placas trabalham à flexão. Dependendo da extensão do contato dos *inserts* com a placa, esses apoios serão ou não considerados pontuais. As placas são também submetidas a esforços de punção e de cisalhamento que tendem a lascar a rocha nas regiões onde se instalam os *inserts*.

6.5.3. Peso Próprio

Segundo Flain (1995) em ambos os processos de fixação das placas, com componentes metálicos ou com argamassa, o peso próprio das placas é relevante, pois no primeiro definirá as cargas verticais que atuarão nos componentes metálicos de fixação, sendo um dado para seu dimensionamento, e no segundo vai solicitar menos ou mais a camada de fixação, neste caso, necessitando de maior aderência ao suporte quanto maior for o peso próprio por unidade de área.

6.5.4. Choques

As placas de rocha, principalmente aquelas situadas em níveis mais baixos estão mais sujeitas aos choques acidentais.

Quando da execução do revestimento em grandes alturas, o balancim utilizado poderá provocar choques nas placas.

6.5.5. Deformações Térmicas

Flain (1995) afirma que para os revestimentos exteriores, no cálculo das deformações relativas entre o suporte e as placas, devida a dilatação térmica diferencial, deve-se considerar a diferença de temperatura que poderá ocorrer, entre a superfície do revestimento (levando-se em consideração a sua cor) e a camada de fixação.

Como todos os componentes presentes no revestimento, as placas pétreas são sensíveis às variações térmicas. O aumento ou a diminuição da temperatura provoca um alongamento ou encurtamento proporcional a esta variação e depende do coeficiente de dilatação térmica da rocha.

Faz-se importante conhecer as deformações das placas e dos suportes, para que se possa calcular a largura das juntas que irão absorver as solicitações atuantes quer seja empregado o processo tradicional ou racionalizado.

6.5.6. Efeitos da umidade e chuva

Para Flain (1995) as pedras normalmente utilizadas como revestimento de fachadas apresentam maior ou menor porosidade. Certas pedras absorvem praticamente pouca água enquanto outras podem absorver até 20% de sua massa.

A rapidez com que as construções atualmente são executadas explica a grande quantidade de umidade residual no interior das vedações verticais, que evaporam normalmente pouco a pouco para o exterior. Somando ainda a este fato, há a ocupação das edificações e o aquecimento dos locais o que gera uma abundante quantidade de vapor d'água que migra parcialmente para o exterior. A água pode ainda penetrar através das vedações verticais exteriores por capilaridade.

Recomenda-se deixar aberturas na camada de revestimento, em locais por onde não ocorra a penetração de água de chuva ou de lavagem, para permitir a evaporação da água que eventualmente tenha penetrado entre o suporte e a camada de revestimento. Quando o revestimento apresenta-se aderido ao substrato a água existente nas camadas do revestimento ao percolar pode carrear os sais solúveis da argamassa até a superfície do revestimento provocando o aparecimento de eflorescência.

6.5.7. Ação do vento

Segundo Ferreira (2004) por muito tempo o teste do módulo de ruptura (ASTM C-99) tem sido usado para avaliar a resistência da pedra às pressões positiva e negativa geradas pelas cargas de vento.

A partir do resultado de um grande número de testes a ASTM, estatisticamente, estabeleceu como valor mínimo para o módulo de ruptura de resistência do granito 1.500 PSi ou 10,34 MPa.

Embora ambos os testes de resistência à flexão (ASTM C-880) e módulo de ruptura (ASTM C-99) forneçam valores de resistência à flexão, eles são diferentes. A amostra para teste pela ASTM C-99 não leva em conta a espessura e o acabamento

exterior da pedra a ser usada na fachada e apresenta uma alta componente de cisalhamento que torna a amostra rígida e não flexível, dando uma resistência aparente maior do que a resistência real de flexão.

O teste do módulo de ruptura (ASTM C-99), não deve ser usado para fins de projeto.

No teste do módulo de ruptura o rompimento da amostra ocorre sob o qual a carga está sendo aplicada.

No teste de resistência à flexão o rompimento da amostra sob a carga aplicada nos pontos localizados nas quartas partes próximo às extremidades ocorrerá no seu ponto mais fraco entre os pontos de carga.

Os resultados obtidos pela ASTM C-880 permitem uma comparação melhor e mais precisa com os resultados dos testes à flexão de uma placa inteira do que os resultados obtidos pela ASTM C-99.

Os esforços devido ao vento também podem ser calculados de acordo com a NBR 6123 da ABNT.

6.5.8. Retração e Deformação Lenta da Estrutura

Segundo Flain (1995), devem ser consideradas as deformações causadas pela retração da estrutura e da alvenaria e a deformação lenta do concreto, passíveis de ocorrerem após a execução do revestimento. Para evitar patologias posteriores no revestimento, recomenda-se que se aguarde o maior intervalo de tempo possível entre a execução do suporte e as camadas subseqüentes, de maneira que as deformações iniciais dos mesmos não venham solicitar o revestimento.

Em alguns casos o assentamento da placa é quase que em paralelo com a execução da estrutura de concreto, nestes casos, deve-se prever que as deformações iniciais do concreto poderão solicitar do revestimento com mais intensidade.

Flain (1995) afirma que se pode considerar para o concreto, sob condições normais, os seguintes valores, aproximados, de retração:

- 33% até as duas primeiras semanas;
- 45% durante o primeiro mês;

- 66% durante os três primeiros meses;
- 90% durante o primeiro ano.

6.5.9. Aspectos a Serem Considerados no Dimensionamento

Segundo Flain (1994) o dimensionamento das placas de rocha restringe-se a determinação de sua espessura em função de suas dimensões (comprimento e largura), das características mecânicas da rocha, do sistema de fixação a ser empregado e das cargas atuantes. A determinação da espessura das placas pode também ser feita através de ensaios do conjunto placa componentes metálicos de fixação. Os componentes metálicos de fixação devem ser projetados de forma que resistam aos esforços a que serão submetidos e permitam a livre movimentação das placas.

As juntas que compõem o revestimento podem ser: entre componentes, de movimentação ou construtivas e estruturais. As juntas têm funções de acabamento estético, de estanqueidade e de absorver as deformações passíveis de ocorrerem no revestimento. O acabamento estético é exigido principalmente quanto a horizontalidade, verticalidade e uniformidade de espessura das juntas. As juntas entre componentes devem ter dimensões suficientes para absorver as movimentações diferenciais das camadas constituinte do revestimento.

Flain (1994) afirma que para que as juntas de movimentação exerçam suas funções e apresentem o desempenho esperado é necessário primeiramente que sejam devidamente projetadas (dimensionadas), sendo que devem ser consideradas, para o dimensionamento, as diversas solicitações a que as camadas do revestimento estarão sujeitas durante a vida útil do mesmo, bem como as características dos materiais utilizados nessas camadas.

Deverão ser previstas ainda juntas nos encontros de materiais distintos e em elementos que se projetem para além do plano do revestimento. As juntas estruturais quando previstas devem ser respeitadas em posição e largura no revestimento.

Os materiais utilizados para acabamento das juntas são os selantes e as argamassas. Flain (1994) recomenda a utilização das argamassas para o rejuntamento das juntas entre componentes quando a camada de revestimento não estiver sujeita a

ação de solicitações de grande intensidade, como por exemplo, nos revestimentos interiores. Quando para a fixação das placas utilizar-se argamassa convencional o rejuntamento das juntas entre os componentes poderá ser feito com nata de cimento ou com selante.

Para melhorar à estanqueidade e a estética do rejuntamento pode-se rejuntar com argamassa de cimento e areia fina no traço 1:1 (em volume), com eventual adição de corante. Para as juntas entre placas, quando fixadas com componentes metálicos, as mesmas devem ser rejuntadas com selantes.

Para o exterior, independente do processo de assentamento utilizado, Flain e Cavani (1994) recomendam os selantes, para o rejuntamento das juntas entre componentes e de movimentação, devido, principalmente, as suas características de deformabilidade. Quando do emprego de selantes no rejuntamento das juntas de movimentação, o fator de forma (proporção largura/profundidade) deve estar compreendido entre 2 e 1, conforme recomendações do fabricante do selante. Deve-se prever a utilização de material de enchimento quando for necessário adaptar o perfil das juntas às dimensões ideais do cordão de selante.

6.5.10. Características das Rochas

Para Flain (1995), em obras de grande porte, previamente ao projeto, é importante que seja efetuada uma pesquisa da jazida para verificar a capacidade de fornecimento da mesma levando-se em consideração o atendimento ao cronograma da obra e a homogeneidade litológica e estética da rocha.

De acordo com a norma NBR 15846 – Rochas para revestimento – Projeto, execução e inspeção de revestimento de fachadas de edificações com placas fixadas por *inserts* metálicos (ABNT 2010), na escolha da rocha o projetista deve:

- conhecer as características estéticas da rocha;

- estabelecer faixa de tolerância para as variações estéticas da rocha quanto à estrutura, textura, cor, presença de veios e outras características relevantes;
- conhecer as características mineralógicas e petrográficas que eventualmente possam influenciar a durabilidade da rocha, tais como microfissuras, estado de alteração dos minerais, presença de minerais alteráveis;
- dispor dos valores das propriedades físicas e físico-mecânicas da rocha, conforme norma NBR 15845- Rochas para revestimentos – Métodos de ensaio (ABNT, 2010);
- considerar a possibilidade da placa de rocha sujeitar-se ao processo de acabamento de superfície desejado (polido, flamejado, apicado etc.);
- considerar a possibilidade de alterações na aparência do acabamento da superfície por agentes da poluição atmosférica e das intempéries;
- assegurar que haja fornecimento das placas da rocha selecionada em quantidade suficiente para atender às necessidades da obra e ao cronograma estabelecido;
- o material selecionado deve ser definido em comum acordo entre o fornecedor e o comprador, conforme os requisitos da norma NBR 15844 – Rochas para revestimentos – Requisitos para granitos (ABNT, 2010).

6.5.11. Características dos Componentes Metálicos para Fixação

Conforme a norma NBR 15846 – Rochas para revestimento – Projeto, execução e inspeção de revestimento de fachadas de edificações com placas fixadas por *inserts* metálicos (ABNT 2010), os dispositivos de suporte podem ser componentes metálicos com vários formatos, tendo as seguintes funções:

- fixar as placas no suporte e uma às outras; suportar o peso próprio do revestimento, a ação do vento e todas as demais solicitações possíveis de atuação;

- impedir o tombamento das placas e absorver as deformações diferenciais entre o revestimento e o suporte, de modo a diminuir as tensões introduzidas no revestimento.

Para Flain (1994) na elaboração do projeto dos componentes metálicos para a fixação das placas é importante a observação dos metais a serem utilizados, pois deve-se escolher metais que sejam compatíveis entre si, de modo a evitar a corrosão galvânica.

Os componentes metálicos de fixação devem ser constituídos de metais inalteráveis, isto é, que não sofram degradação devido ao ataque de substâncias existentes na atmosfera, em forma de gás ou vapor, dissolvidos na água da chuva ou na água de limpeza. Os principais metais que poderão ser utilizados para os componentes metálicos de fixação, são: aço inoxidável; cobre e suas ligas e alumínio, com as seguintes características:

a) Aço inoxidável:

Tipo ABNT 302 - apesar de não ser recomendado por algumas normas, ele é utilizado principalmente pelo seu baixo custo. Acredita-se que a sua utilização deva ser restrita a ambientes interiores, pois apresenta uma maior quantidade de carbono, e este elemento diminui sua resistência aos agentes agressivos;

Tipo ABNT 304 - para atmosferas urbanas e industriais isentas de cloretos;

Tipo ABNT 316 - para atmosferas urbanas, marítimas e industriais que contenham cloretos.

b) Cobre e suas ligas:

Segundo Oliveira (2005), o cobre e suas ligas possuem excelente resistência à corrosão atmosférica, bem como uma boa resistência à ação química provocada pelas argamassas. Mas, sua resistência mecânica depende essencialmente de suas ligas e do tratamento que recebe durante a sua fabricação;

- Cobre - recomendado para uso somente em grampos e não deve ser utilizado em ambientes que contenham H₂S (gás sulfídrico) e amônia. O cobre, quando carregado pela água da chuva, poderá provocar manchas de cor verde (azinhavre ou zinabre) na superfície da rocha; este é um dos motivos, para a sua não utilização em componentes metálicos, além de sua baixa resistência mecânica.

- Latão - é uma liga de cobre e zinco que deve ser usada somente com teor de Zn inferior a 15%, pois quando em maiores quantidades estão sujeitas a dezincificação (perda de zinco) e, como consequência, há uma diminuição de resistência mecânica.

- Bronze alumínio - recomendado para atmosferas marítimas.

c) Aço Carbono:

Pode ser usado, desde que galvanizado conforme a NBR 6323, nas peças intermediárias ou junto ao suporte; nunca deve ser usado em contato com a rocha.

d) Alumínio:

Apresenta boa resistência quanto a corrosão, no entanto sua utilização é limitada devido principalmente ao seu alto custo. Em atmosferas marítimas e industriais devem ser utilizadas as ligas 653-T6, 6061-T6 ou equivalente.

Oliveira (2005) afirma que deve-se, preferencialmente, utilizar o aço inoxidável devido a sua grande inalterabilidade e resistência mecânica.

Conforme a norma NBR 15846 – Rochas para revestimento – Projeto, execução e inspeção de revestimento de fachadas de edificações com placas fixadas por *inserts* metálicos (ABNT 2010), as placas de rochas colocadas com dispositivos de

fixação são geralmente constituídas de três partes (em uma só peça ou não), com as seguintes características e funções :

- uma parte a ser fixada no suporte (dos tipos parafuso, “chumbador”, “passante” etc.);
- uma parte constituída por barra, cantoneira ou outro perfil metálico com eventual dispositivo de regulagem, para permitir o adequado posicionamento da placa;
- uma parte que permitirá a união com as placas.

Na figura 03, exemplos do sistema de *inserts* metálicos para fixação das placas.



Figura 3: Sistema de *inserts* metálicos para fixação das placas pétreas

Fonte: Site Gran-Prometal, (2005)

Quando o desaprumo do suporte for maior que o limite de regulagem do *insert*, pode ser utilizado um novo dispositivo metálico, ou uma estrutura, adequadamente projetados para a sua compensação.

Este processo está representado na Figura 4,5,6,7 e 8.

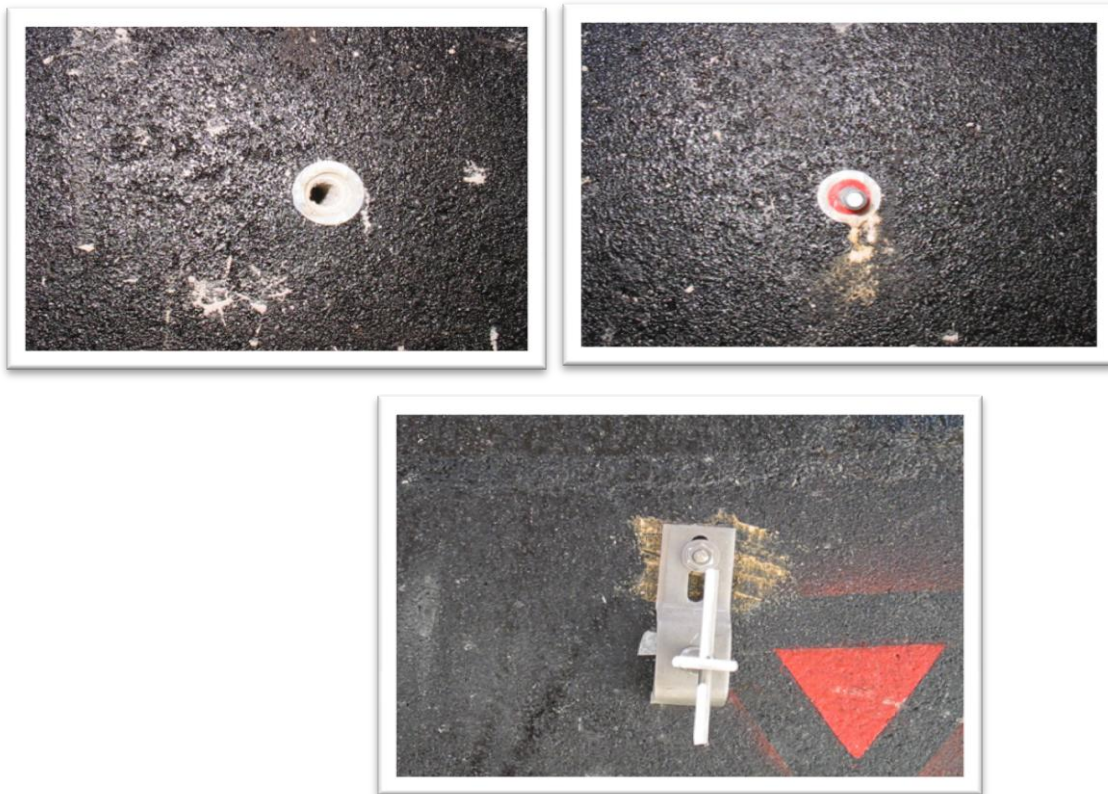


Figura 4: Esquema de fixação do grampo na estrutura

Fonte: Obra Classic Condominium Club, (2004)

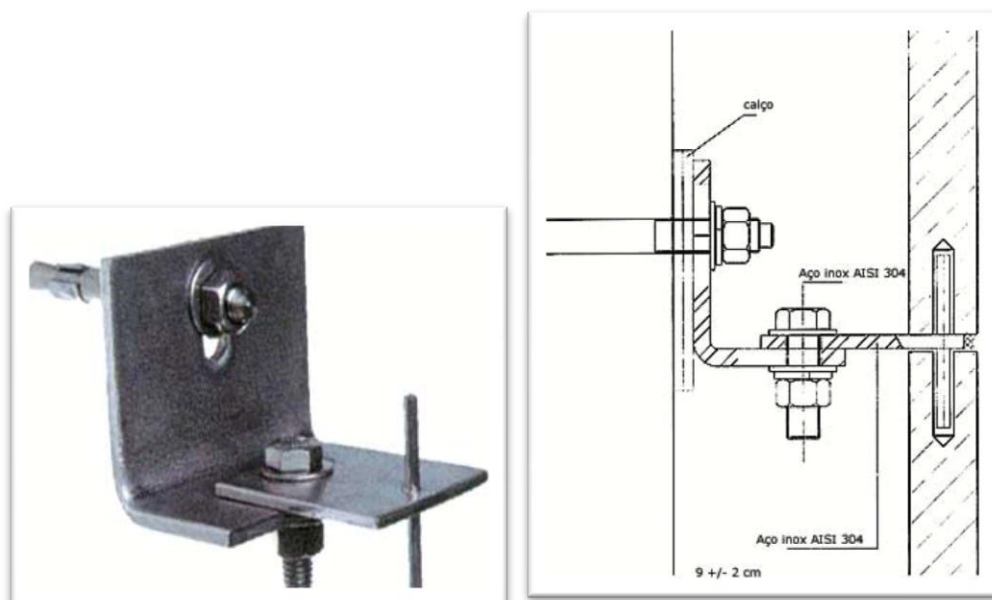


Figura 5: Sistema de *insert* metálico (modelo simples)

Fonte: Site Arcoweb, (2005)

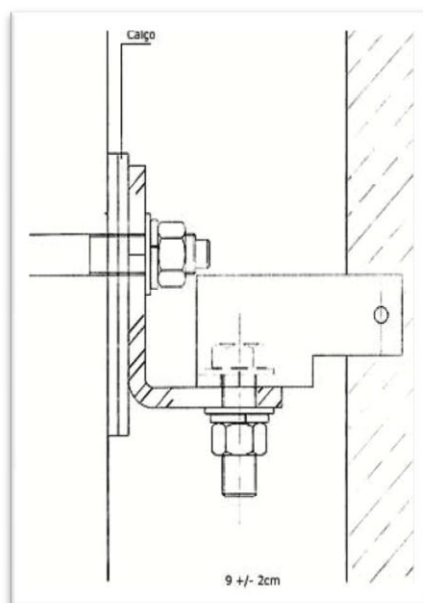


Figura 6: Sistema de *insert* metálico (modelo de transição)

Fonte: Site Arcoweb, (2005)

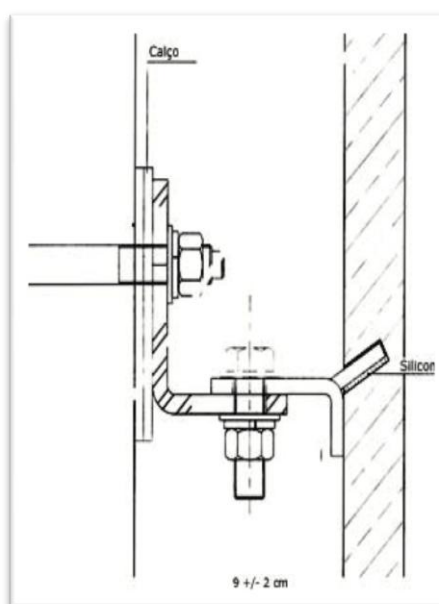


Figura 7: Sistema de *insert* metálico (modelo especial)

Fonte: Site Arcoweb, (2005)

Segundo Moreiras (2005), os dispositivos de fixação podem ser sustentadores ou retentores. Os sustentadores são responsáveis pela sustentação do peso próprio das placas e outras eventuais ações verticais e os retentores têm a

responsabilidade de impedir o tombamento das placas, devido as ações perpendiculares a estas.

As ações verticais são normalmente transmitidas aos *inserts* sustentadores, colocados geralmente na parte inferior da placa. Outros dois dispositivos de fixação (retentores) são posicionados nas bordas laterais da placa, próximos ao seu topo, ou na própria borda superior da placa como mostra a Figura 8 abaixo.

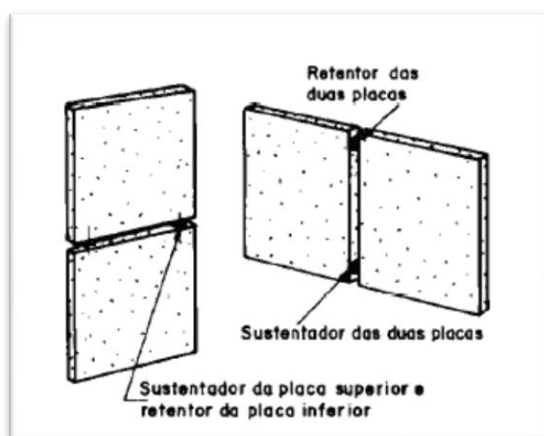


Figura 8: Funções dos dispositivos de fixação de placas de rochas

Fonte: NBR 15846 – ABNT (2010)

Moreiras (2005) afirma que os dispositivos de fixação devem ser calculados de maneira a resistir aos esforços que estarão submetidos e permitir a livre movimentação das placas, de forma que não sejam transmitidas tensões consideráveis às placas de revestimento em função das movimentações higrotérmicas diferenciadas entre o revestimento e o suporte.

Após terem sido estabelecidas as solicitações atuantes nas placas e conhecidas as características do suporte e do dispositivo de fixação escolhido (dimensões e tipo de metal ou liga metálica), deve-se proceder ao dimensionamento dos *inserts*, considerando as funções de sustentação e retenção, esta verificação deve ser feita através de ensaios levando em conta:

- a capacidade do suporte de resistir aos esforços, dos tipos arrancamento e momento de engastamento, transmitidos pelo dispositivo de fixação;

- a distância mínima dos pontos de fixação às extremidades do suporte (cantos), em função dos esforços aplicados e da natureza do suporte;
- a deformabilidade de todo o *insert*, quando a concepção do sistema de fixação das placas exigir que estas movimentem-se livremente.
- capacidade de resistirem aos esforços transmitidos pelas placas.

Moreiras (2005) recomenda, sempre que possível, o emprego de um único tipo de *insert* em uma mesma obra.

6.5.12.Características da argamassa para assentamento

Segundo Flain (1994) a argamassa a ser empregada na fixação das placas de rocha deve ser de cimento e areia média no traço 1:3 (em volume), podendo ser utilizados aditivos plastificantes ou superplastificantes, a fim de obter-se argamassa de consistência fluída.

6.5.13.Características dos selantes

Selante é o nome dado ao material utilizado para a vedação das juntas de dilatação entre as placas pétreas, podendo ser silicone estrutural no caso da fixação por dispositivos metálicos, ou mesmo com nata de cimento, no caso do assentamento das placas com argamassa.

Segundo Flain (1994) os selantes devem:

- ser resistentes aos agentes atmosféricos;
- apresentarem boa aderência aos materiais nos quais são aplicados;
- ser estanques ao ar e à água e não causar manchas ou alterações nos materiais aos quais são aplicados;
- ser inertes em presença de substâncias químicas normalmente encontradas nos edifícios (alcalinidade das argamassas e produtos de limpeza);
- ter elasticidade suficiente e mantê-la ao longo do tempo.

Flain (1994) recomenda que o fator de forma (proporção largura/profundidade) deve estar compreendido entre 2 e 1. Deve-se prever material de enchimento, quando for necessário adaptar o perfil das juntas às dimensões ideais do cordão de selante.

6.5.14. Geometria das placas

Hoje em dia não existe uma norma brasileira que especifique a geometria das placas pétreas.

Não tem um formato obrigatório para as placas, mas segundo Flain (1995), o emprego de tamanhos superiores a um metro quadrado deve ser analisado cuidadosamente, devido ao sistema de suporte.

O tamanho das placas além de influenciar no dimensionamento da camada de fixação, poderá facilitar ou dificultar o transporte e o manuseio das mesmas.

6.5.15. Elementos de projeto

A Norma NBR 15846 – Rochas para revestimento- Projeto, execução e inspeção de revestimentos de fachadas de edificações com placas fixadas por *inserts* metálicos (ABNT, 2010), recomenda que o projeto de revestimento de vedações verticais com placas de rocha deve ser constituído pelos seguintes elementos:

- vista frontal dos suportes a serem revestidos com a distribuição (paginação) das placas e a posição dos componentes de fixação, em escala adequada;
- detalhes construtivos dos encaixes, ranhuras e furação das placas, dispositivos metálicos, juntas de dilatação, fixações ao suporte, entre outros;
- memorial descritivo com especificações dos materiais e serviços,
- tolerância máxima permitida para os desvios de prumo, esquadro e planicidade do revestimento com placas pétreas

- ressalva quanto à segurança e durabilidade do revestimento, no que toca à introdução de eventuais sobrecargas e a alterações por agentes químicos e atmosféricos.

Deverá constar do memorial descritivo, ainda, um roteiro e a periodicidade para a realização das inspeções, que deverá abranger os seguintes aspectos:

- - estado dos selantes (continuidade, adesão às superfícies das juntas, coesão e presença de fissuras);
- - existência de corrosão dos componentes metálicos de fixação;
- - indícios de falta de aderência (som cavo ao serem percutidas) das placas fixadas com argamassa;
- - eventual deslocamento das placas, entre outros aspectos relevantes para o revestimento.

6.6. EXECUÇÃO E INSPEÇÃO DO REVESTIMENTO

Neste capítulo pretende-se mencionar os principais fatores que devem ser levados em consideração através da NBR 15846 – Rochas para revestimento- Projeto, execução e inspeção de revestimentos de fachadas de edificações com placas fixadas por *inserts* metálicos (ABNT, 2010).

Recomenda a Norma NBR 15846 – Rochas para revestimento- Projeto, execução e inspeção de revestimentos de fachadas de edificações com placas fixadas por *inserts* metálicos (ABNT, 2010), que os revestimentos de fachadas com placas de rocha devem ser executados em conformidade com o projeto arquitetônico e com o projeto executivo de revestimento, obedecendo-se a todas as disposições construtivas indicadas e empregando-se somente os materiais e componentes especificados.

Antes do início da execução deve-se:

- - fazer um estudo detalhado do projeto da fachada, conferindo e verificando as interfaces deste com os outros subsistemas do edifício;

- - elaborar um planejamento cuidadoso abordando os aspectos relativos a produção, ao transporte, ao recebimento e ao armazenamento das placas, de modo a ter-se continuamente na obra placas suficientes e na seqüência em que serão instaladas;
- - tomar todas as providências necessárias quanto ao atendimento à NR-18;
- - verificar se os desvios de prumo e planicidade do suporte a ser revestido estão de acordo com os limites especificados em projeto.

6.6.1. Manuseio e estocagem de materiais e componentes

Segundo Oliveira (2005) no manuseio das placas tanto na produção quanto no transporte para a obra e na própria obra, durante a instalação, devem ser tomadas todas as precauções necessárias, a fim de evitar danos nas placas.

As placas devem ser preferencialmente armazenadas em áreas coberta, acessíveis e exclusivas, próximas dos locais onde serão instaladas.

Para Oliveira (2005) as placas, tanto as de grandes como as de pequenas dimensões, devem ter uma de suas bordas apoiadas em estruturas apropriadas em forma de “A”, representada na figura 5.9, construídas em material não oxidável ou que liberem pigmentos. Deve-se garantir a separação das placas entre si por meio de ripas de material não oxidável. Pode-se, também armazenar as placas na horizontal. Neste caso, para evitar danos às placas, deve-se garantir que as ripas sejam dispostas na mesma direção.

Qualquer madeira em contato com as placas deve ser macia e não deve ter resinas e/ou essências que possam vir a manchar.

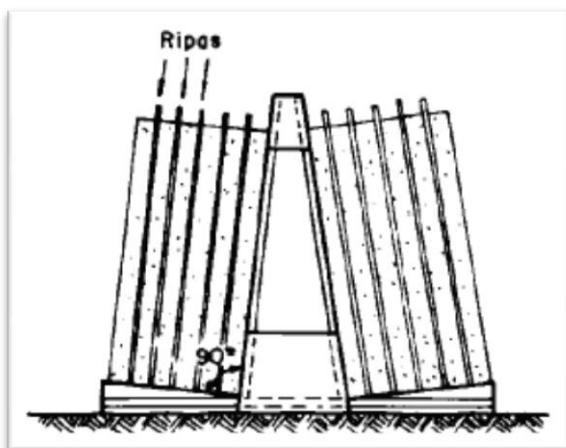


Figura 9: Esquema de armazenagem das placas de rocha

Fonte: NBR 15846 – ABNT (2010)

Moreiras (2005) aconselha que os dispositivos de fixação devem ser estocados em locais cobertos, acessíveis e exclusivos, de modo a garantir sua integridade física e suas características morfológicas originais.

Sempre que necessário, durante a fase de execução, os revestimentos devem ser cuidadosamente protegidos por meio de uma cobertura temporária (chapas de madeira não resinada ou outro material apropriado).

Atenção especial deve ser dada aos cantos vivos em áreas sujeitas ao tráfego.

Na execução de serviços nas partes mais altas da edificação, deve-se evitar que ocorra qualquer dano (respingos de argamassa, choques devido à queda de ferramentas etc.) nos revestimentos já concluídos das partes mais baixas.

6.6.2. Placas colocadas com dispositivo de fixação

Para Moreiras (2005) quando os *inserts* forem fixados no suporte, devem ser seguidas todas as instruções do fabricante para estes quanto às condições de sua instalação (diâmetro e profundidade do furo, condições de instalação do chumbador, etc.).

Os furos e ranhuras feitos nas placas para acoplamento destas aos dispositivos de fixação devem ter diâmetro ou largura de, no mínimo, 1 mm superior ao diâmetro do pino ou à largura dos perfis a serem introduzidos nas placas.

Segundo Moreiras (2005) a profundidade dos furos ou ranhuras deve ser tal que garanta uma folga de no mínimo 5 mm entre a extremidade do pino, ou do perfil e o fundo do furo ou ranhura.

Os pinos e perfis devem encaixar-se facilmente nos furos ou ranhuras feitos nas placas, para evitar concentração de tensões nestas. Quando isto não for possível, não se deve forçar as placas contra estes pinos ou perfis.

6.6.3. Juntas

Moreiras (2005) afirma que as placas devem ser posicionadas de modo a manterem entre si os espaçamentos especificados em projeto.

Nos casos onde são empregados dispositivos de fixação que tenham, simultaneamente, as funções de retentor e sustentador, deve-se garantir a livre movimentação entre as placas e os *inserts*, através de folgas indicadas na Figura 10.

Verificar se existe coincidência, em extensão e largura, das juntas do revestimento com as juntas do suporte.

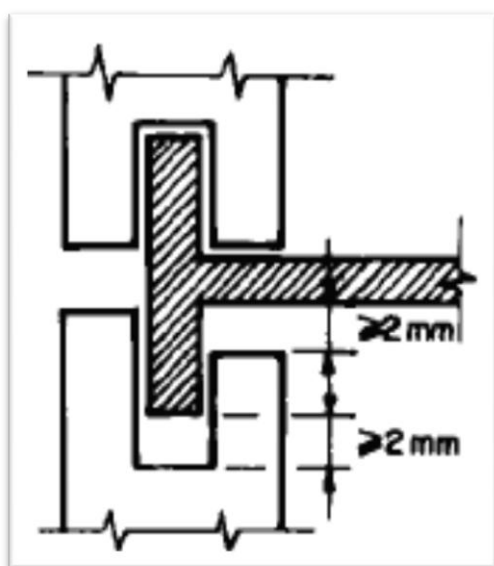


Figura 10: Folgas mínimas entre placa inferior e o dispositivo de fixação

Para Moreiras (2005) o rejuntamento com selantes deve ser obedecido o seguinte:

- as faces das juntas devem ser limpas e estar perfeitamente secas por ocasião da aplicação do selante;
- as regiões das placas contíguas devem se protegidas com fita crepe;
- o selante deve ser aplicado de acordo com as instruções do fabricante, devendo sua superfície, após o acabamento, apresentar-se ligeiramente côncava em relação a superfície do revestimento.

No assentamento das placas com argamassa, devem-se tomar os cuidados necessários para que os últimos 2 mm a 3 mm, em relação a superfície do revestimento, fique vazios para poder ser, posteriormente, preenchidos com nata de rejuntamento.

6.7. TÉCNICAS DE EXECUÇÃO

6.7.1. Pré - Requisitos

Segundo Moreira, *et al.* (2007) é importante a definição de paginação, cortes com cotas para execução e fabricação das placas de granito (observar placas com tamanho máximo 1,00 m² para espessura mínima 2 cm – indicação usual de fornecedores), elaborando planilhas de colocação das placas com as partidas do serviço (por letras ou números), numeração das placas, quantidade, dimensões, detalhamento do corte, furações e/ou rasgos das placas de granito ou mármore.

A estrutura da obra deve estar executada e livre de pregos, madeiras e arames.

Andaimes montados (fachadeiro ou suspenso), com proteção de acordo com NR18.

Linhas de prumo na fachada. Com base nos afastamentos da estrutura até a linha de prumo, montar planilha para pedido dos *inserts*.

O projeto de paginação refere-se ao desenvolvimento das plantas, cortes e elevações com cotas para execução e fabricação das placas de rochas ornamentais, detalhamento das junções de granito com granito, granito com caixilho, etc.

O projeto de paginação é o início do processo de fixação das placas de mármore e granito com *inserts* metálicos e objetiva a definição do tamanho das placas e também o tipo e tamanho dos *inserts* metálicos necessários a sua fixação na fachada.

6.7.2. Descrição do Método de Execução

Os *inserts* são fixados à estrutura através de parabolt de aço inoxidável. As porcas e arruelas também devem ser de aço inoxidável. Segundo Moreira, *et al.* (2007) o sistema de fixação por *inserts* metálicos deverá vencer um afastamento ideal de 8 cm, podendo corrigir um desaprumo estimado de mais ou menos 3 cm, isto é, o afastamento poderá variar de 5 a 11 cm da parede da fachada.

Para início dos serviços, será necessária a furação prévia das pedras, a ser realizada com furadeira apropriada, como mostra a Figura 11.

As furações serão executadas com broca diamantada de 5 mm, nas laterais das placas.



Figura 11: Furadeira para realizar furo na lateral da placa

6.7.3. Sistema de Colocação

Como mostra a Figura 12 é feito um furo na base onde será fixado o *insert*, antes de iniciar a montagem, verificar o alinhamento da estrutura com o nível e fio de prumo, ou equipamento topográfico;

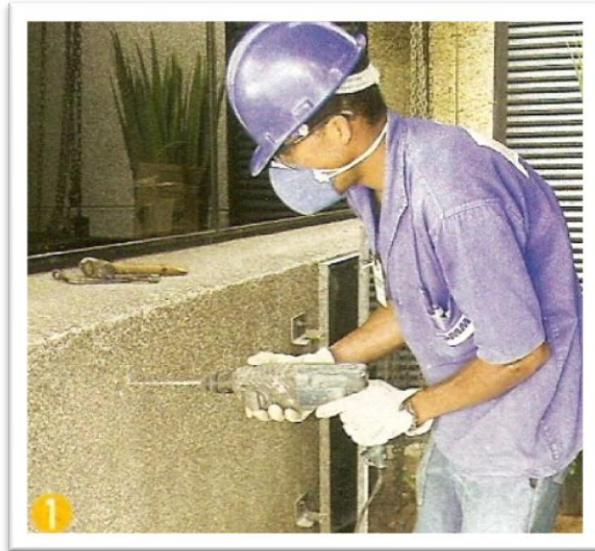


Figura 12: Furo na estrutura para fixação do *insert*

Observa-se na Figura 13 a colocação do chumbador no furo da estrutura, com ajuda de uma marreta. Esta é usada apenas para que o chumbador entre até o fim do furo, garantindo a ancoragem;

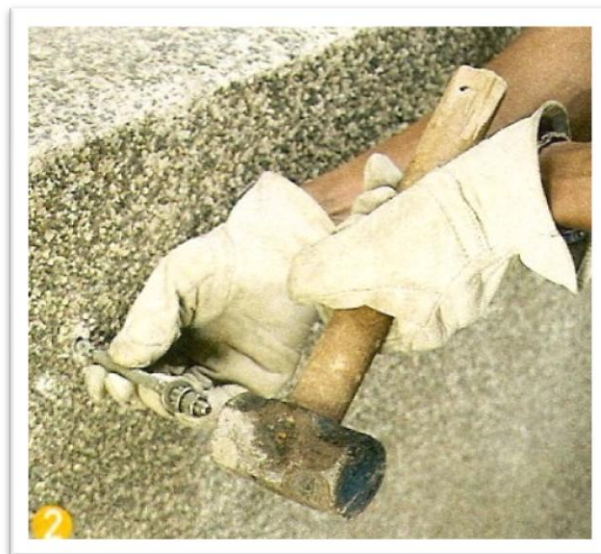


Figura 13: Colocação do chumbador no furo da estrutura

A figura 14 apresenta a fixação do *insert* no concreto, para esse tipo de fixação, deve-se usar o chumbador de expansão, que ganha em resistência ao arrancamento, conforme é feito o aperto da rosca;

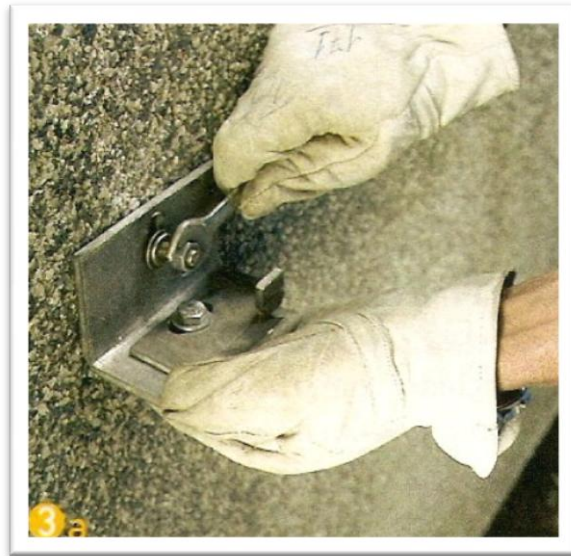


Figura 14: Fixação do *insert*

Com os *inserts* já posicionados no local correto, basta encaixar a placa nos furos ou rasgos, pode-se observar na figura 15 a placa já encaixada..

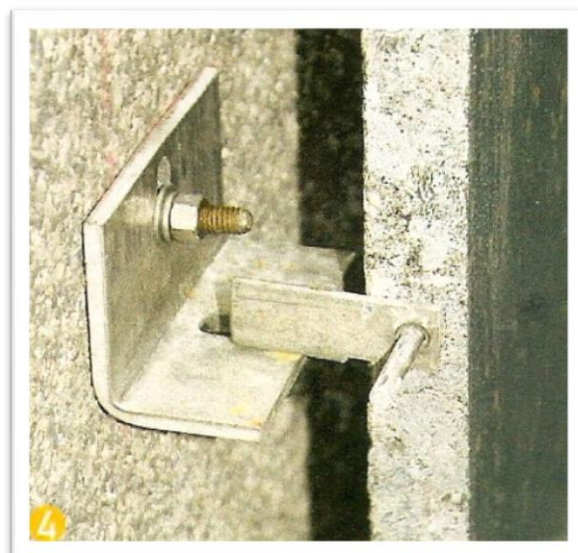


Figura 15: Colocação da placa no *insert*

Caso a placa esteja fora do alinhamento ou prumo do restante da fachada, é possível fazer o ajuste final por meio das regulagens dos furos oblongos, como mostra a figura 16;



Figura 16: Regulagem e alinhamento final da placa

A figura 17 apresenta a aplicação de mastique nos espaços entre as placas, a fim de se evitar a vibração em consequência do vento e a corrosão e expansão higroscópica decorrentes da penetração de água de chuva ou mesmo da limpeza do revestimento.



Figura 17: Aplicação de mastique entre as placas

7. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

7.1. ESTUDO DE CASO

Este estudo de caso será efetuado em uma obra na cidade de Curitiba, estado do Paraná. O edifício em questão possui 30 andares e altura de 125m. A fachada será toda em granito, em torno de 15.000m² de pedra. As pedras variam de 0,70m x 1,67m até 1,67m x 1,67m. Será um total de 10.000 pedras.

A empresa L.A. Falcão Bauer LTDA foi contratada para realização de testes em laboratório, de pressão de vento e resistência ao cisalhamento dos *inserts* metálicos de pino e do *insert* metálico em estudo. Depois foram analisados esses testes e descritas as comparações observadas nos laudos. Os testes foram realizados de acordo com as normas regulamentadoras pertinentes.

Foram feitas diversas visitas a obra em estudo para acompanhar e medir a produtividade do *insert* que está sendo utilizado nesse empreendimento, também foi feito um orçamento da execução da fachada dessa obra.

Foi conversado com um engenheiro experiente na realização de obras com fachadas ventiladas e fachadas não aderidas, a mais de 15 anos ele trabalha com esse método construtivo de revestimento de fachada na cidade de Curitiba, e ele fez um orçamento desse mesmo empreendimento em estudo, considerando a utilização dos *inserts* metálicos de pino. Então foi feita uma análise e comparação dos orçamentos nos 2 sistemas e relatado as observações pertinentes.

Também foi realizado um acompanhamento fotográfico da obra, onde mostra todo o processo de fixação dos *inserts* utilizados na obra.

7.1.1. Rocha

Para a análise do revestimento da fachada desse edifício em estudo, foi feita uma visita a jazida do material, para ver se a mesma teria capacidade para atender a obra, sem haver mudança de tonalidade. Um representante da construtora fez a visita

até o local, que fica no Rio Grande do Sul, e atestou que a jazida tem capacidade para atender a obra nos quesitos de quantidade e qualidade do material. Na figura 18 pode-se observar os blocos de granito.



Figura 18: Blocos do granito Marron Guaíba (Jazida Rio Grande do Sul)

Fonte: Construtora

A rocha que foi escolhida para fazer o revestimento da fachada do edifício, é o Sienito Piquiri, comercialmente conhecido como Marrom Guaíba.

Todas as 10.000 pedras que serão utilizadas na fachada deste edifício possuem 2 cm de espessura.

Na tabela 8 podem-se ver algumas características do granito Marrom Guaíba .

Fácies	Padrão*	SISR Santa Rita		SIJ Jaguari		Piquiri	Encruzilhada
		Monzogr. rosa	Monzogr. cinza	Sienogr. vermelho	Sienogr. vermelho		
Absorção água aparente (%)	≤ 0,4	0,3	0,09	0,2	0,08	0,3	0,2
Porosidade aparente (%)	≤ 1	0,7	0,2	0,7	0,2	0,8	0,5
Massa específica aparente (g/cm³)	≥ 2,55	2,61	2,67	2,59	2,62	2,70	2,64
Velocidade Ultra-sônica (km/s)	≥ 4,00	4,66	5,05	5,19	4,52	-	-
Flexão à 3 pontos (MPa)	≥ 10	12,91	9,1	13,69	10,8	11,90	7,86
Compressão uniaxial (MPa)	≥ 100	180,4	177,8	180,2	184,1	-	-
Impacto corpo duro (cm)	≥ 30	75	60	60	60	52,5	70
Desgaste Amsler (mm/1.000 m)	≤ 1	0,33	0,31	0,38	0,23	0,76	0,49

Tabela 8: Resultado de ensaios tecnológicos

Fonte: www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br

A tabela acima mostra alguns ensaios tecnológicos realizados com o granito Sienito Piquiri. Ao analisá-la percebemos que, a absorção de água ficou em torno de 0,3% e a porosidade aparente em 0,8%, esses dados ajudaram na escolha desse granito para a fachada do edifício em estudo.

7.1.2. Sistema de Fixação Adotado

O sistema que foi adotado para a execução dessa fachada, consiste de 4 peças de alumínio como mostra a figura 19, onde a primeira é fixada na estrutura (parede, concreto ou estrutura metálica) por meio de chumbador de expansão, a segunda é encaixada na primeira, podendo regular a distância da pedra a estrutura (por um sistema de encaixe em forma de “dentes”), que é onde a pedra ficará apoiada. A terceira peça é um perfil de alumínio em forma de “U” que serve para travamento do sistema, não deixando a segunda peça “correr” e a última peça, que é uma barra chata de alumínio, é encaixada na parte de trás da pedra, onde é feito um corte para o seu encaixe, e essa barra chata apóia na segunda peça.

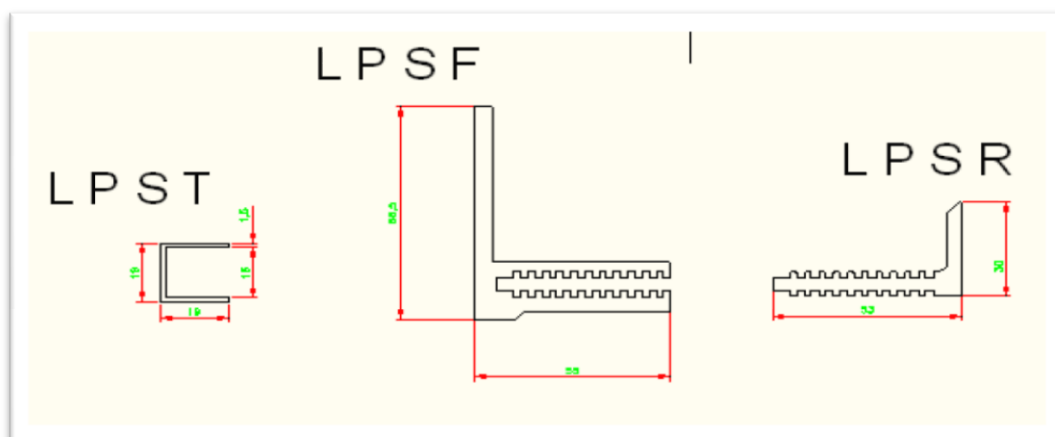


Figura 19: Peças em alumínio para fixação

Fonte: Laudo Falcão Bauer (2010)



A figura 20 apresenta o *insert* fixado na estrutura e a placa pétrea apoiada no *insert*



Figura 20: *Insert* Metálico fixado na placa de granito.

Este novo sistema para fixação de revestimentos em fachadas não aderidas, foi testado pelo Centro Tecnológico de Controle da Qualidade Falcão Bauer em São Paulo.

Os ensaios executados foram de deformação sobre cargas uniformemente distribuídas (pressão positiva, pressão negativa e cisalhamento). Esses ensaios foram executados para o sistema que está sendo utilizado nesta obra, como também para o sistema mais utilizado na atualidade (com encaixe em forma de pinos).

7.1.3. Metais

O metal utilizado para confecção dos *inserts* é o alumínio. Sua liga é a 6063, que tem boa resistência mecânica, alta resistência à corrosão, boa conformabilidade. Esta liga é aplicada para perfis para construção civil, caixilharia em geral, tubos de irrigação, móveis e iluminação.

Segundo dados da Alcoa, a Liga 6063 é uma das ligas mais populares, oferecendo boa extrudabilidade e uma alta qualidade de acabamento superficial. A Liga 6063 é usada em uma grande variedade de aplicações arquiteturais. Em condições de tratamento térmico, a liga 6063 oferece boa resistência à corrosão em geral, incluindo a corrosão por tensão. É facilmente soldada ou brasada por diferentes métodos convencionais, com a cautela de que o contato direto com metais dissimilares pode provocar a corrosão galvânica. Por ser uma liga tratável termicamente, sua resistência pode ser diminuída na região de solda. A seleção de uma liga metálica adequada para preenchimento e solda depende das características de solda desejadas.

As aplicações típicas incluem produtos de arquitetura e construção, componentes elétricos, tubos, porta e caixilharia, grades e móveis. A Liga 6063 é frequentemente utilizada em aplicações elétricas nas condições de têmperas T5, T52 e T6, devido a sua boa condutividade elétrica.

7.1.4. Metodologia do Ensaio Sistema em Estudo

Foi executada a aplicação de pressão de vento em um protótipo de fachada não aderida constituído por uma placa de granito com dimensões iguais a (1700x1700x20) mm, com 173,4 kg, fixada por meio de sistema encaixe em parede de concreto. Durante a aplicação desta carga de vento, foram realizadas medições de deslocamento (flechas do sistema) e anotações das ocorrências.

Foi executada também a resistência ao cisalhamento do sistema de fixação das paredes.

7.1.5. Resultados

As tabelas 9 e 10 respectivamente mostram os dados do ensaio de pressão, com a pressão de vento a 16 mm e 30 mm de distância da placa de granito.

Pressão Positiva			
Regulagem do sistema 16 mm			
Pressão (Pa)	Velocidade de vento Correspondente (km/h)	Deformação (mm) D1	Ocorrências
1 800	193	7,68	Nenhuma
0	0	0,51	-
2 500	227	12,8	Nenhuma
0	0	0,56	-

Tabela 9: Pressão do vento a 16mm

Fonte: Centro Tecnológico de Controle da Qualidade Falcão Bauer (2010)

Regulagem do Sistema 30 mm			
Pressão (Pa)	Velocidade de vento Correspondente (km/h)	Deformação (mm) D1	Ocorrências
1 800	193	10,8	Nenhuma
0	0	0,72	-
2 500	227	13,8	Nenhuma
0	0	0,80	-

Tabela 10: Pressão do vento a 30mm

Fonte: Centro Tecnológico de Controle da Qualidade Falcão Bauer (2010)

A tabela 11 apresenta o resultado do teste de pressão negativa

3.1.2. Pressão Negativa		
Pressão (Pa)	Velocidade de vento Correspondente (km/h)	OCORRÊNCIAS
1 900	198,5	Nenhuma ocorrência

Tabela 11: Teste de pressão negativa

Fonte: Centro Tecnológico de Controle da Qualidade Falcão Bauer (2010)

O ensaio de resistência ao cisalhamento das peças LPST e LPSF é demonstrado nas duas próximas tabelas 12 e 13.

2 peças - LPSI e LPSF

Regulagem do sistema 16 mm	
Carga de Ensaio (kgf)	Ocorrências
6 500	Nenhuma
8 250	Nenhuma
Regulagem do sistema 30 mm	
Carga de Ensaio (kgf)	Ocorrências
900	Nenhuma

Tabela 12: Resistência ao cisalhamento de duas peças

Fonte: Centro Tecnológico de Controle da Qualidade Falcão Bauer (2010)

1 peça – LPSF

Regulagem do sistema 16 mm	
Carga de Ensaio (kgf)	Ocorrências
250	Nenhuma
300	Deformação
600	Ruptura do componente LPSF

Tabela 13: Resistência ao cisalhamento de uma peça

Fonte: Centro Tecnológico de Controle da Qualidade Falcão Bauer (2010)

Os resultados do teste foram aprovados, como pode-se verificar nas tabelas, as peças suportaram mais do que o peso para o qual foram projetadas.

7.1.6. Laudo Ensaio *Insert* Metálico de Pinos

Foi executada a aplicação de pressão de vento em um protótipo de fachada não aderida constituído por 4 placas de granito com dimensões iguais a (1100x1100x20) mm, fixadas com *insert* metálico chumbado em parede de concreto. Durante a aplicação desta carga de vento, foram realizadas medições de deslocamento (flecha do sistema) e anotações das ocorrências.

Foi executada também a resistência ao cisalhamento do sistema de fixação das paredes.

A figura 21 apresenta o *insert* metálico de pino utilizado para a realização dos ensaios.



Figura 21: *Insert* utilizado para o ensaio

Segue abaixo tabela 14 e 15 contendo os resultados da pressão positiva e pressão negativa respectivamente

3.1.1. Pressão Positiva

Pressão (Pa)	Velocidade de vento Correspondente (km/h)	Deformação (mm) D1	Deformação (mm) D2	Deformação (mm) D3	Deformação (mm) D4
660	117	2,35	3,79	1,63	7,06
0	0	1,22	2,59	0,82	5,40
900	137	3,86	8,00	2,66	7,49
0	0	1,75	6,84	1,75	5,44
1 000	158	4,25	8,61	4,09	6,58
0	0	1,93	6,93	7,27	6,55
1 500	176	5,84	9,15	6,75	7,87
0	0	2,87	7,15	14,43	6,51
1 800	193	7,54	9,69	7,92	8,18
0	0	5,09	7,39	6,06	6,54
2 500(*)	227	8,68	12,37	9,60	9,82
0	0	5,43	9,28	6,99	7,48

(*) Observações:

Ocorrência de rupturas localizadas na 2ª placa nos 2 pinos de fixação com a 1ª placa – 2º nino superior na pressão de 2500 Pa

Tabela 14: Pressão positiva

Fonte: Centro Tecnológico de Controle da Qualidade Falcão Bauer (2010)

3.1.2. Pressão Negativa

Pressão (Pa)	Velocidade de vento Correspondente (km/h)	OCORRÊNCIAS
1 900	198,5	Nenhuma ocorrência

Tabela 15: Pressão negativa

Fonte: Centro Tecnológico de Controle da Qualidade Falcão Bauer (2010)

A figura 22 contém fotos realizadas no Centro Tecnológico de Controle da Qualidade Falcão.



Foto nº 02 – Revestimento não aderido



Foto nº 03 – Fixação entre placas

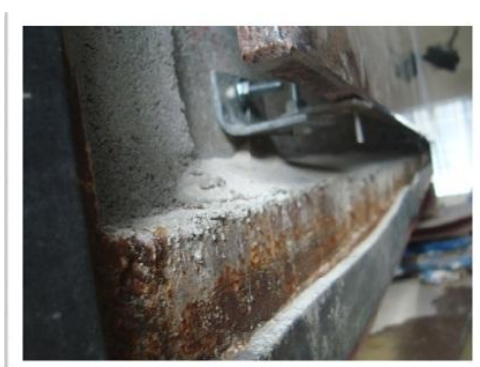


Foto nº 04 – Fixação da extremidade



Foto nº 05 - Fixador após ensaio



Foto nº 06 – Ruptura localizada da placa



Foto nº 07 – Detalhe da ruptura

Figura 22: Foto dos ensaios

7.1.7. Discussão de Resultados

Fazendo a comparação dos laudos do *insert* atual com o *insert* de alumínio (em estudo), observamos que com o *insert* atual, os testes foram feitos em 4 chapas de granito de 110cm x 110cm x 2cm e o revestimento suportou uma carga de vento de pressão positiva de até 2500 Pa e de pressão negativa de até 1900Pa, mas ocorreram rupturas localizadas na placa de revestimento e deformação do pino de fixação (conforme figuras).

Com o *insert* em estudo, os testes foram feitos em chapas de granito de 170cm x 170cm x 2cm e na regulagem de 30mm, o revestimento suportou uma carga de vento de pressão positiva de até 2500 Pa e de pressão negativa de até 1900 Pa, não apresentando nenhuma avaria. O que mostra que uma das principais desvantagens do sistema de *insert* metálicos, que é o apoio da rocha que é foco recorrente de patologias, com esse novo *insert*, fixando essa pedra de granito Marron Guaiba com 2cm é solucionado, já com o sistema de fixação com pinos ocorreu avarias, então é necessário executar os testes com uma espessura maior para ver se com o aumento da espessura não ocorrem avarias.

O teste de resistência ao cisalhamento do *insert* de alumínio, com 2 peças, na regulagem de 30mm, agüentou até 900kgf sem nenhuma avaria. E com 1 peça na regulagem de 16mm agüentou até 250kgf sem nenhuma avaria, com 300kgf ocorreu deformação e com 600kgf ocorreu a ruptura da peça que é fixada na estrutura ou na parede. Esse teste também passou, pois a peça suportou os esforços previstos.

7.1.8. Fotos

Por ser uma fachada muito complexa, os engenheiros responsáveis pela execução do empreendimento resolveram contratar uma empresa para a realização de um projeto auxiliar antes do início da fixação dos *inserts* e das placas pétreas, visto que verificou-se na obra que em vários locais onde os *inserts* deveriam ser fixados não existiam estrutura suficiente para suportar o peso das placas de revestimento. Foi

necessário projetar novos pilaretes e cavaletes para que fosse possível a fixação dos *inserts*.

Foram feitos protótipos dos cavaletes e pilaretes em madeira em um anel da fachada para evitar eventuais problemas quando a produção estivesse iniciada. Este procedimento foi útil para o reconhecimento de possíveis problemas durante a passagem das prumadas, que estarão posicionadas entre as placas de revestimento e a estrutura do prédio em estudo, como pode ser observado na Figura 23.



Figura 23: Protótipo com prumada

Após todo o anel do edifício ser circundado com os protótipos, passamos a real execução da fachada. Nas figuras 24 e 25 exemplos de pilaretas e cavaletes respectivamente que foram fabricados para serem utilizados como base para fixação dos *inserts*.



Figura 24: Pilaretes



Figura 25: Cavaletes

Como as peças são muito grandes e pesadas, foi feita uma estrutura metálica para fixação dos *inserts*, essas peças são cortadas e soldadas em uma empresa terceirizada. A estrutura está sendo feita em aço SAC350 x 0,03mm, após o corte e

solda, as peças recebem um fundo para evitar uma eventual corrosão. A Figura 26 apresenta a estrutura de aço fixada em concreto, já a figura 27 apresenta a solução encontrada para paredes em alvenaria.



Figura 26: Estrutura metálica



Figura 27: Estrutura em frete a paredes de alvenaria

O *insert* também recebeu um adesivo, como podemos verificar na figura 28, para evitar o contato direto com a estrutura, evitando assim uma possível corrosão galvanica.



Figura 28: Adesivo colado na parte de trás do *insert*

Na figura 29 o *insert* foi fixado na estrutura de aço. Ele deve ficar alinhado e aprumado com os demais *inserts* para que facilite a colocação da placa pétrea apoiada nele.



Figura 29: *Insert*

Na chapa de granito deve ser feito um rasgo, com a ajuda de uma serra mármore, como mostra a figura 30, de aproximadamente 5mm de profundidade para a fixação da peça metálica.

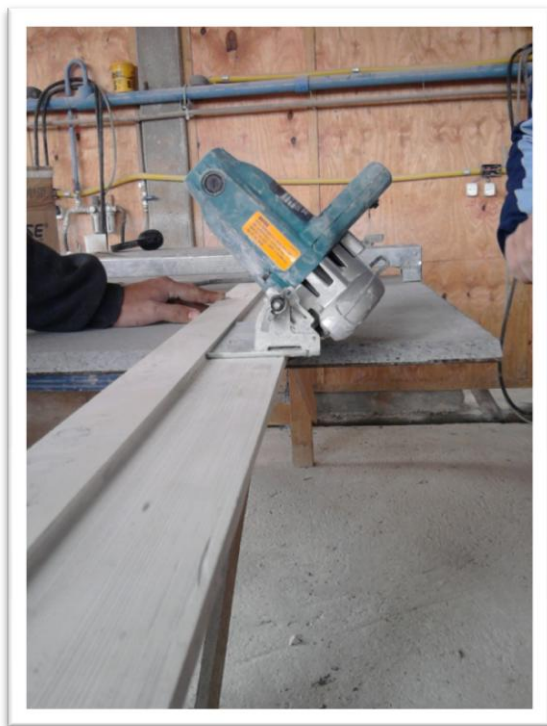


Figura 30: Recorte no granito

Na figura 31 a peça em alumínio foi colada a placa pétrea com uma resina poliéster.



Figura 31: Peça colada no granito

Como podemos verificar na figura 32, com ajuda de ventosas e roldanas a peça em granito é erguida e em seguida abaixada para que as peças do *insert* se encaixem.



Figura 32:Granito colocado na fachada

Após algumas aplicações na obra, verificou-se que o *insert* precisaria de algumas modificações para um melhor funcionamento. Precisou ser feito uma adaptação para regulagem de altura, prumo das peças e regulagem quando caso a estrutura em concreto estivesse torcida. As figuras 33 e 34 apresentam o novo *insert* com as devidas melhorias.



Figura 33: Peça com adaptações

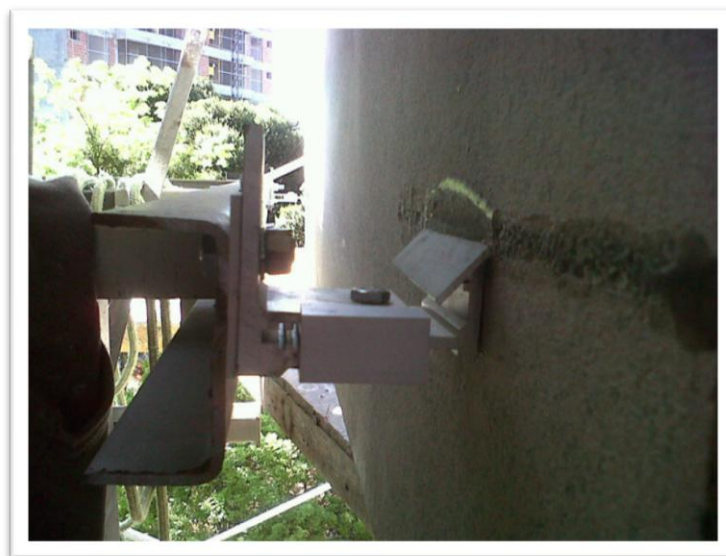


Figura 34: Peça com adaptações

Na figura 35 observamos que estão sendo deixadas juntas de dilatação que serão preenchidas com poliuretano na cor das pedras da fachada.



Figura 35: Juntas

7.1.9. Análise Econômica da Obra

Para podermos comparar economicamente a diferença entre o *insert* metálico em estudo e o *insert* metálico de pinos, foi feito um orçamento da fachada do edifício em questão, com o *insert* metálico em estudo e um outro orçamento, para essa mesma obra apresentada, porém com o *insert* metálico de pinos (modelo alemão).

Na elaboração do orçamento da fachada da obra, com o *insert* metálico que estamos estudando, o engenheiro da obra, nos forneceu os preços unitários e as quantidades dos materiais que serão utilizados. Para a execução dessa fachada, os materiais utilizados são os seguintes: granito marron Guaíba com 2cm, *insert* metálico em estudo nesse trabalho, fita crepe e silicone. O custo final dos materiais será de R\$ 2.266.371,00 sendo que o granito representará aproximadamente 80% desse custo.

No cálculo da mão de obra, foram consideradas as mão de obras de corte, de colocação e de vedação da fachada. O salário levado em conta para o orçamento, é o salário do sindicato sintracon vigente para o ano de 2011, com encargos de 100%. Em todos os cálculos que levam em conta a mão de obra nesse trabalho, o salário considerado foi baseado no salário do sindicato.

O engenheiro da obra nos informou, a produtividade média de cada equipe de mão de obra, a quantidade de equipes para cada serviço e a quantidade de cada serviço que essas equipes irão executar.

Para a execução do serviço de corte e colagem dos *inserts* nos granitos, está sendo utilizada uma equipe, com 1 profissional e 1 servente, a produtividade deles é de 80 pedras por dia, o serviço que tem que ser executado é o corte e colagem de 10.000 pedras.

No serviço de colocação dos granitos e *inserts* na fachada estão sendo utilizadas 2 equipes, com 1 profissional e 2 serventes, a produtividade dos mesmos é de 50m² por dia, o serviço a ser executado é a colocação de 15.360m² de pedra.

Para o serviço de vedação da fachada estão sendo utilizadas 4 equipes cada uma composta por 1 servente com produtividade de 50 m “linear” por dia, o serviço que eles tem que executar é a colocação de fita crepe e silicone para vedar 36.000 m “linear” de juntas.

O custo da mão de obra de corte, colocação e vedação ficará em R\$ 228.896,40 e o custo total da fachada (material e mão de obra) será de R\$ 2.495,267,40.

Para a elaboração do orçamento não foram considerados os custos do material e mão de obra da estrutura metálica (para fixar os *inserts* em alguns casos), o custo da mão de obra de polimento das chapas de granito e o custo da mão de obra de corte das placas de granito no tamanho definido pelo projeto.

Para a elaboração do orçamento da fachada da obra, com o *insert* metálico de pinos (modelo alemão) foi consultado um engenheiro civil com experiência de mais de 15 anos em execução de fachadas com esses *inserts*. O engenheiro fez algumas visitas a obra em estudo, para se familiarizar com a mesma e sentir as facilidades e dificuldades da execução da fachada , para poder elaborar um orçamento o mais próximo possível da realidade, isto é, como se a obra realmente estivesse sendo executada com os *inserts* de pinos.

Os materiais que compõem o custo desse orçamento são: granito marron Guaíba 2cm, fita crepe e silicone (esses materiais também foram utilizados no

orçamento anterior) e os materiais que diferem são granito marron Guaíba 3cm e *insert* metálico de pinos.

O engenheiro calculou as quantidades dos materiais que seriam utilizados, os custos unitários dos materiais que se repetiram nesse orçamento foram considerados os mesmos que no orçamento anterior, o custo do *insert* de pinos foi designado pelo engenheiro e o custo do granito marron Guaíba 3cm, foi feito tomada de preços em 2 marmorarias, e o que ficou menor foi o utilizado no orçamento.

O custo total dos materiais para esse orçamento ficaria em R\$ 2.768.771,00 sendo que apenas os granito de 2cm e 3cm representam aproximadamente 88% desse custo.

Para o cálculo da mão de obra, foi considerada a mão de obra de corte, de colocação e de vedação da fachada.

O engenheiro calculou a produtividade média que cada equipe de mão de obra teria, a quantidade de equipes que seriam necessárias para cada serviço e a quantidade de cada serviço que essas equipes teriam executar.

Para a execução do serviço de furação nos granitos, seria utilizada uma equipe, com 1 profissional e 1 servente, a produtividade deles ficaria em 48 pedras por dia, o serviço que teria que ser executado seria a furação de 10.000 pedras, cada pedra teria 4 furos. O salário levado em conta para o orçamento, é o salário do sindicato sintracon vigente para o ano de 2011, com encargos de 100%. Em todos os cálculos que levam em conta a mão de obra nesse trabalho, o salário considerado foi baseado no salário do sindicato.

No serviço de colocação dos granitos e *inserts* na fachada seriam utilizadas 5 equipes, com 1 profissional e 2 serventes, a produtividade dos mesmos é de 20m² por dia, o serviço a ser executado seria a colocação de 12.288m² de granito de 3cm e 3.072m² de granito de 2cm.

Para o serviço de vedação da fachada seriam utilizadas 4 equipes cada uma composta por 1 servente com produtividade de 50m “linear” por dia, o serviço que eles teriam que executar seria a colocação de fita crepe e silicone para vedar 36.000 m de juntas.

O custo da mão de obra de corte, colocação e vedação ficaria em R\$ 415.457,60 e o custo total da fachada (material e mão de obra) seria de R\$ 3.184.228,60.

Para a elaboração do orçamento não foram considerados os custos do material e mão de obra da estrutura metálica (para fixar os *inserts* em alguns casos), o custo da mão de obra de polimento das chapas de granito e o custo da mão de obra de corte das placas de granito no tamanho definido pelo projeto.

No apêndice seguem duas planilhas para uma análise financeira e posterior comparação do *insert* metálico em estudo e o *insert* metálico de pinos

7.1.10. Comparação dos Custos

Fazendo uma comparação dos dois orçamentos (*insert* em estudo x *insert* com pinos) podemos perceber que no custo dos materiais da fachada, houve uma redução de R\$ 502.400,00 (quinhentos e dois mil e quatrocentos reais), devido a menor espessura do granito que foi utilizado na fachada, pois no sistema de pinos, 80% (oitenta por cento) das pedras teriam que ser de 3cm de espessura, enquanto que com o *insert* em estudo todas as pedras foram de 2cm de espessura, a redução no custo do material foi de 18%.

A mão de obra obteve redução de custo da ordem de R\$ 181.875,60 (cento e oitenta e um mil oitocentos e setenta e cinco reais e sessenta centavos) devido a maior produtividade do corte na pedra em relação ao furo e principalmente devido a maior produtividade da colocação dos *inserts* na fachada e da pedra nos *inserts*. A redução total da mão de obra foi de aproximadamente 47%, a mão de obra de vedação foi igual, a de colocação teve uma redução de 60% de custo e a de corte reduziu aproximadamente 43%.

No geral, considerando o serviço completo, material e mão de obra, a utilização do *insert* em estudo trouxe uma redução de custo de R\$ 684.275,60 (seiscentos e oitenta e quatro mil duzentos e setenta e cinco reais e sessenta centavos)

no custo total da fachada desse empreendimento, que representa uma diminuição de aproximadamente 22% no custo dessa fachada.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Construção civil está em constante evolução e assim, serviços críticos como revestimentos de fachadas são preocupações constantes das empresas, impulsionando a busca por metodologias mais evoluídas.

Os *inserts* metálicos são uma prova do cuidado e da responsabilidade do construtor/ fabricante respeitando o consumidor que confia a eles a segurança de sua moradia e sua família. Este sistema também permite reparos e reformas futuras rápidas e fáceis com a substituição parcial ou total do revestimento com reformas limpas e sem transtornos.

A utilização do *insert* metálico de alumínio em estudo é viável, tanto na parte técnica, (como pudemos ver pelos laudos), como na parte prática (alta produtividade, devido a maior facilidade de instalação) e principalmente na parte financeira, onde com a utilização do *insert* de alumínio em estudo tivemos uma redução de 22% no custo total da fachada, que representa aproximadamente R\$ 684.000,00 .

O *insert* metálico em estudo é mais caro que o de pino em R\$ 112.000,00 (cento e doze mil reais) que representa 44% a mais, porém traz uma redução de custo de R\$ 181.875,60 da mão de obra, uma diminuição da mão de obra, pois tem uma produtividade maior, já que precisa de 6 pessoas para produzir 100m² enquanto o de pino precisa de 15 pessoas para produzir os mesmos 100m².

Os dois principais problemas na execução de fachadas de granito, conforme mencionado no início do trabalho, são o apoio da rocha que é foco recorrente de patologias, pois a furação pode desagregar os minerais. Com o *insert* em estudo pode-se perceber, pelos laudos, que não houve patologias no apoio da rocha. E o outro problema é o custo mais elevado dos *inserts* metálicos em comparação com os sistemas de argamassa, onde com o *insert* em estudo pudemos averiguar que o custo ficou mais barato que o sistema de *inserts* com pinos, mas ainda ficou mais elevado que os sistemas com argamassa, porém a segurança com os sistemas de *inserts* metálicos é muito mais seguro.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, Bianca; Revestimento Milenar. **Revista Qualidade de Rochas**, São Paulo, julho de 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Requisitos para Revestimento – Requisitos para granitos**. - NBR 15844. Rio de Janeiro, ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Rochas para revestimento – Métodos de Ensaio**. NBR 15845. Rio de Janeiro, ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Rochas para revestimento – Projeto, execução e inspeção de revestimento de fachadas de edificações com placas fixadas por insertos metálicos**. NBR 15846. Rio de Janeiro, ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO. **Alumínio**. Disponível em: <www.abal.org.br/aluminio/introducao.asp>. Acesso em: 18 mar. 2011.

ALCOA. **Liga 6063**. Disponível em <PT.scribd.com/liga6063>

COSTA, Manuel P.R.; **Manual de Controle de Qualidade para Revestimentos de Fachadas em Pedra**. Dissertação da Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2011.

DENSIPRISMA. **Fachada Ventilada**. Disponível em: <www.densiprisma.com/dsp/empresa.html>. Acesso em 16 mar. 2011.

FLAIN, Eleana P.; Processos de assentamento de rochas ornamentais como revestimentos. **Revista Tecnologia da Construção**, São Paulo, ano2, maio 1994.

FLAIN, Eleana P.; Revestimentos verticais com placas de rocha. **Revista Tecnologia da Construção**, São Paulo, ano2, maio 1994.

FLAIN, Eleana P.; Sabbatini, Fernando Henrique; **Alguns Aspectos da Produção de Revestimentos de Fachadas de Edifícios com Placas Pétreas**. Dissertação da USP. São Paulo, 1995.

FRASCÁ, M. H. B. O; **Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais de Revestimento**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 2004.

GRILLO, Karin V. F; **Análise Comparativa da Aderência de Tipos Rochosos Assentados com Três Argamassas**. Dissertação da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

LOTURCO, Bruno; Revestimento de Granito com *Inserts* metálicos. **Revista Técnica**, São Paulo, Ed.106, jan. 2006.

MOREIRA, Diego Rocha; SANTOS, Monica Dantas; NOÉ, Janine Rocha; SARCINELLI, Wanessa Tatiany; ANGELI, Jerry Adriani; **Revestimento de Granito com Inserts Metálicos**. Trabalho apresentado em Seminário da Universidade Federal de Minas Gerais, Vitória, 2007.

MOREIRAS, Sérgio T.F.; **Estudo sobre o Revestimento de Fachadas de Edifícios Altos com Placas de Granitos Ornamentais**. Dissertação da USP, São Carlos, 2005.

NAKAMURA, Juliana; Granito para fachada. **Revista Arquitetura e Urbanismo**. São Paulo, Ed.181, abril. 2009.

OLIVEIRA, Carlos A.M.J.; **Recomendações para Projeto e Execução de**

Revestimento de Fachadas com Placas Pétreas. Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2005.

PESQUISAS EM GEOCIÊNCIAS. **Sienito Piquiri.** Disponível em: <www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br>. Acesso em: 20 jun. 2011.

SIQUEIRA, Amaury, A. J; **Tecnologia de Fachada-Cortina com Placas de Grês Porcelanato.** Dissertação da USP. São Paulo, 2003.

10. APÊNDICES

ORÇAMENTO DA OBRA COM INSERT METÁLICO EM ESTUDO				
MATERIAL	un	quant	preço unitario	total
Granito Marrom Guaiba 2cm	m2	15.360	120,00	1.843.200,00
Insert Metálico em estudo completo com chumbador	un	28.000	13,00	364.000,00
Fita Crepe (rolo com 50m)	rl	1.200	10,00	12.000,00
Silicone (tubo com 600g)	tb	1.097	43,00	47.171,00
Custo Final Material				2.266.371,00
MÃO DE OBRA	un	quant	preço unitario	total
MO Corte (1 profissional + 1 servente)				
Produtividade (corte e colagem) - 80 pedras por dia				
Serviço - 10.000 pedras (utilizar 1 equipe)				
10.000 pedras : 80 pedras/dia = 125 dias : 20 dias no mês = 6 meses com 1 equipe				
Custo MO Corte				
Profissional (R\$ 2.671,60 c/ encargos)	gl	1	2.671,60	2.671,60
Servente (R\$ 2.014,00 c/ encargos)	gl	1	2.014,00	2.014,00
			por mês	4.685,60
Custo Final MO Corte	meses	10,5	4.685,60	49.198,80
MO Colocação (1 profissional + 2 serventes)	un	quant	preço unitario	Total
Produtividade (colocação inserts e pedras) - 50 m2 por dia				
Serviço - 15.360m2 (utilizar 2 equipes)				
15.360 m2 : 100 m2 / dia = 154 dias : 20 dias no mês = 8 meses com 2 equipes				
Custo MO Colocação				
Profissional (R\$ 2.671,60 c/ encargos)	gl	2	2.671,60	5.343,20
Servente (R\$ 2.014,00 c/ encargos)	gl	4	2.014,00	8.056,00
			por mês	13.399,20
Custo Final MO Colocação	meses	8	13.399,20	107.193,60
MO Vedação (1 servente)	un	quant	preço	Total

			unitario	
Produtividade (colocação de fita crepe e silicone) - 50 m por dia				
Serviço - 36.000m (utilizar 4 equipes)				
36.000 m : 200 m / dia = 180 dias : 20 dias no mês = 9 meses com 4 equipe				
Custo MO Vedação				
Servente (R\$ 2.014,00 c/ encargos)	gl	4	2.014,00	8.056,00
			por mês	8.056,00
Custo Final MO Vedação	meses	9	8.056,00	72.504,00
Custo Final Mão de Obra				228.896,40
CUSTO TOTAL (MATERIAL + MÃO DE OBRA)				2.495.267,40
OBSERVAÇÕES: * NÃO FORAM CONSIDERADOS NO ORÇAMENTO O CUSTO DO MATERIAL E DA MO DA ESTRUTURA METÁLICA; * CUSTO DA MO DE POLIMENTO DAS CHAPAS DE GRANITO * CUSTO DA MO DE CORTE DAS PLACAS DE GRANITO NO TAMANHO DEFINIDO PELO PROJETO.				

ORÇAMENTO DA OBRA COM INSERT METÁLICO DE PINOS				
MATERIAL	un	quant	preço unitario	total
Granito Marrom Guaiba 2cm	m2	3.072	120,00	368.640,00
Granito Marrom Guaiba 3cm	m2	12.288	170,00	2.088.960,00
Insert Metálico sistema atual completo com chumbador	un	28.000	9,00	252.000,00
Fita Crepe (rolo com 50m)	rl	1.200	10,00	12.000,00
Silicone (tubo com 600g)	tb	1.097	43,00	47.171,00
Custo Final Material				2.768.771,00
MÃO DE OBRA	un	quant	preço unitario	total
MO Furo (1 profissional + 1 servente)				
Produtividade (furação) - 48 pedras por dia				
Serviço - 10.000 pedras (utilizar 1 equipe)				
10.000 pedras : 48 pedras/dia = 208 dias : 20 dias no mês = 10,5 meses com 1 equipe				
Custo MO Furo				
Profissional (R\$ 2.671,60 c/ encargos)	gl	1	2.671,60	2.671,60
Servente (R\$ 2.014,00 c/ encargos)	gl	1	2.014,00	2.014,00
			por mês	4.685,60
Custo Final MO Furo	meses	8	9.371,20	74.969,60

MO Colocação (1 profissional + 2 serventes)	un	quant	preço unitario	Total
Produtividade (colocação inserts e pedras) - 20 m2 por dia				
Serviço - 15.360m2 (utilizar 5 equipes)				
15.360 m2 : 100 m2 / dia = 154 dias : 20 dias no mês = 8 meses com 5 equipes				
Custo MO Colocação				
Profissional (R\$ 2.671,60 c/ encargos)	gl	5	2.671,60	13.358,00
Servente (R\$ 2.014,00 c/ encargos)	gl	10	2.014,00	20.140,00
			por mês	33.498,00
Custo Final MO Colocação	meses	8	33.498,00	267.984,00
MO Vedação (1 servente)	un	quant	preço unitario	total
Produtividade (colocação de fita crepe e silicone) - 50 m por dia				
Serviço - 36.000m (utilizar 4 equipe)				
36.000 m : 200 m / dia = 180 dias : 20 dias no mês = 9 meses com 1 equipe				
Custo MO Vedação				
Servente (R\$ 2.014,00 c/ encargos)	gl	4	2.014,00	8.056,00
			por mês	8.056,00
Custo Final MO Vedação	meses	9	8.056,00	72.504,00
Custo Final Mão de Obra				415.457,60
CUSTO TOTAL (MATERIAL + MÃO DE OBRA)				3.184.228,60
OBSERVAÇÕES: * NÃO FORAM CONSIDERADOS NO ORÇAMENTO O CUSTO DO MATERIAL E DA MO DA ESTRUTURA METÁLICA; * CUSTO DA MO DE POLIMENTO DAS CHAPAS DE GRANITO * CUSTO DA MO DE CORTE DAS PLACAS DE GRANITO NO TAMANHO DEFINIDO PELO PROJETO.				