



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Amaury Antunes de Siqueira Junior

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICO-
ECONÔMICA DE FACHADAS VENTILADAS COM
PLACAS DE GRÊS PORCELANATO**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do título de
MBA em Tecnologia e Gestão na
Produção de Edifícios.

**Orientador: Prof. Dr. Jonas Silvestre
Medeiros**

São Paulo,

Outubro de 2001



ESP/TGP
Si75a

Escola Politécnica - EPBC



31400021916

AGRADECIMENTOS

Ao meu avô, José de Oliveira Braga (in memorian), um exemplo de “pai” dedicado e amoroso, que tanto se empenhou para que eu me formasse engenheiro.

À minha esposa Rosângela e à meus filhos, Antonio, Natália e Livia, pela paciência e incentivo.

À minha irmã, Maria Cristina Aparecida Braga Machado, pela paciência e pelas horas que perdeu, auxiliando-me na correção ortográfica deste e de outros trabalhos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jonas Silvestre Medeiros, pela amizade e incentivo.

Ao Prof. Dr. Fernando Henrique Sabbatini, um exemplo a ser seguido de excelente profissional e professor dedicado.

SUMÁRIO

1) INTRODUÇÃO	1
1.1) Desempenho das fachadas de edifícios no Brasil	1
1.2) Por que estudar fachada ventilada?.....	3
2) LEVANTAMENTO DO ESTADO-DA-ARTE	5
2.1) A Técnica de Revestimentos não Aderidos	5
2.2) A "Cavity wall"	7
2.3) A "Rain-screen Wall"	9
2.3) A Utilização de Fachadas Ventiladas no Brasil e no Mundo.....	11
2.4) Fachadas Ventiladas e Fachadas-cortina: conceituação.....	16
2.5) Normalização Sobre Fachada-cortina.....	21
2.6) O Sistema de Fachada Ventilada com Placas Cerâmicas de Grês Porcelanato.....	24
2.6.1) O Grês Porcelanato.....	25
2.6.2) A Fachada Ventilada com Placas Cerâmicas de Grês-Porcelanato (FVPC).....	28
3) O projeto de fachadas ventiladas	34
3.1) Importância e Abrangência do Projeto.....	34
3.2) Diretrizes e critérios de projeto	38
3.2.1) Desempenho Térmico	44
3.2.2) Desempenho Acústico.....	47
3.2.3) Dimensionamento da Estrutura Suporte.....	50

3.2.4) O Projeto para a Produção de FVPC	51
4) Análise COMPARATIVA DE CUSTOS da fachada ventilada COM OUTROS SISTEMAS DE REVESTIMENTOS NÃO ADERIDOS de edifícios.....	71
4.1) Tipologia de revestimentos de fachadas não aderidas	71
4.1.1) Fachada com Placas de Alumínio Composto (ACM - Aluminium Composite Material).....	71
4.1.2) Fachada em Pele de Vidro	73
4.1.2.2) Com Silicone (<i>structural glazing</i>) ou fita adesiva:.....	74
4.1.3) Tipos de Fixação de Fachadas não Aderidas	78
4.2) Custos dos Principais Sistemas de Fachadas Executados no País	80
4.2.1) Caracterização das Empresas.....	81
4.2.2) Custo dos Principais Sistemas de Revestimento de Fachada	82
5) ANÁLISE COMPARATIVA DE DESEMPENHO DE OUTRAS TECNOLOGIAS DE REVESTIMENTOS DE FACHADAS DE EDIFÍCIO COM A FACHADA VENTILADA DE PLACAS DE GRÊS PORCELANATO.....	84
5.1) Definição dos critérios de desempenho para a análise.....	84
5.2) O conceito de <i>Benchmarking</i>	85
5.2.1) Tipos de Benchmarking.....	85
5.3) <i>Benchmarking</i> entre FVPC e as Diversas Fachadas	86
5.3.1) FVPC versus Fachada com Placas de Alumínio Composto.....	87
5.3.2) FVPC versus Fachada de Placas Pétreas	88
5.3.3) FVPC versus Fachada em Pele de Vidro	89
5.3.4) FVPC versus Fachada-cortina em Placas de Resina Acrílica	90
5.3.5) FVPC versus Fachada com Placas Cerâmicas Aderidas.....	91

5.4) Resumo do <i>Benchmarking</i> Entre os Tipos de Revestimentos	92
6) CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICO- ECONÔMICA.....	94
6.1) Estratégias Competitivas	94
6.2) Conclusões	97
BIBLIOGRAFIA.....	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

1) INTRODUÇÃO

1.1) Desempenho das fachadas de edifícios no Brasil

A fachada do edifício constitui-se em um dos elementos básicos para a sua valorização, porém, suas funções assumem um papel mais amplo pelo fato desta constituir-se no invólucro da edificação e, portanto, ser a responsável pela habitabilidade, segurança e conforto dos usuários.

Estando exposta aos agentes climáticos, a fachada é bastante solicitada por movimentos de contração e dilatação provenientes das ações higrotérmicas que atuam principalmente em seu revestimento.

SELMO (1989), explica que independentemente da natureza do material, os agentes atuantes sobre as superfícies externas dos edifícios são as forças e cargas de impacto; fogo; ar e gases; umidade; poeira; animais; plantas e microorganismos; temperatura ambiente; radiação; luz e vibrações. Esta autora afirma que “os principais agentes de degradação dos revestimentos são aqueles relacionados com a agressividade do clima, devendo-se salientar que a degradação dos agentes climáticos combinados produz efeito muito maior do que se fossem considerados atuando isoladamente”.

SELMO cita uma pesquisa realizada pelo “Technical Committee on Mortars and Renderings, 13-MR”, da RILEM em 1972, que identificou entre outras 24, como sendo as principais causas que podem afetar o comportamento dos revestimentos externos:

- as movimentações higroscópicas do revestimento;
- movimentações térmicas do revestimento;
- movimentações higroscópicas da base;

- movimentações térmicas da base;
- incidência de chuvas e ventos sobre as superfícies.

Pelo fato de serem constituídas por diversas camadas de materiais heterogêneos, e portanto, de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, quando solicitadas por movimentações intrínsecas ou extrínsecas, as diversas camadas que compõem o revestimento, comportam-se de maneiras distintas, provocando o surgimento de tensões de cisalhamento na interface destas, que podem comprometer o desempenho do revestimento, acarretando em sua deterioração, que perdendo suas funções, promovem a desvalorização do empreendimento.

A difícil equalização dessas interações aliadas à falta de treinamento da mão-de-obra vêm contribuindo para o surgimento de diversas manifestações patológicas em fachadas com revestimentos aderidos, como é o caso das fachadas com revestimentos argamassados e principalmente os revestimentos com placas cerâmicas.

discorrendo sobre as manifestações patológicas dos revestimentos, SELMO (1989) afirma ser este um problema freqüente e até mesmo de incidência crescente.

Em levantamento realizado recentemente pelo CPqDCC-EPUSP, constatou-se que apenas 20% dos edifícios construídos na Grande São Paulo tiveram suas fachadas revestidas com placas cerâmicas, porcentagem esta, que vem diminuindo em função dos crescentes problemas observados nesta tipologia de revestimento.

Atualmente observa-se uma mudança na atitude dos projetistas, preferindo a especificação de novos materiais e técnicas construtivas para fachadas que além de promoverem uma maior valorização estética ao empreendimento, reduzem em muito a incidência de manifestações patológicas devido à sua forma de fixação (revestimentos não aderidos), pelo fato de eliminarem a complexidade decorrente da interação entre as diversas camadas do revestimento.

1.2) Por que estudar fachada ventilada?

As fachadas cortina, por sua flexibilidade e a possibilidade da utilização de uma elevada gama de materiais, entre os quais destacam-se a pele de vidro, as fachadas em alumínio composto, materiais pétreos, placas cerâmicas de grandes dimensões (0,60x0,90m e 0,60x0,60m), entre outros, têm sido responsáveis pela grande liberdade de formas e texturas, sendo que sua adoção em projetos dos edifícios comerciais modernos vem crescendo a cada dia na Construção Civil brasileira.

Desde a última década, o país vem passando por uma profunda crise energética que teve seu desfecho neste ano com a implantação de planos de racionalização do consumo de energia por parte do governo. É sabido que a introdução de novas tecnologias construtivas em fachada-cortina desde a década de 80 sem levar-se em consideração seus potenciais efeitos térmicos, em especial o sistema de pele de vidro, tem contribuído em muito para o aumento do consumo de energia elétrica para o condicionamento de ar, principalmente nos edifícios comerciais de alto padrão, fato este, que tem levado os projetistas a procura de novas alternativas para a racionalização do uso da energia.

A facilidade de manutenção, a durabilidade, a valorização do empreendimento, além da industrialização do processo de produção da construção civil, que é tida como um dos setores industriais mais atrasados e deficientes na produção e utilização de novas tecnologias são outras preocupações atuais das empresas da construção civil brasileira.

Torna-se, portanto, imperativa a pesquisa de novos sistemas construtivos, que possam contribuir para o desenvolvimento de novas tecnologias para suprir as deficiências do setor.

A fachada ventilada é uma evolução do conceito de fachada-cortina, sendo considerada pelos meios acadêmicos europeus como a solução mais adequada

para se resolver problemas térmicos, higroscópicos e acústicos que são gerados pela fachada tradicional.

No presente trabalho, será enfocada a viabilidade técnico-econômica para a execução de fachadas ventiladas em placas cerâmicas, quando comparada a sistemas semelhantes utilizados na construção civil brasileira, como: o alumínio composto, os vidros reflexivos e laminados para pele de vidro, os materiais pétreos, além do revestimento com placas cerâmicas aderidas; cuja escolha e definição dos materiais incide diretamente no custo e na qualidade final do produto (edifício). Caracterizar-se-á também o estado-da-arte, no que diz respeito às suas principais funções (desempenho térmico e acústico entre outros) e utilização.

2) LEVANTAMENTO DO ESTADO-DA-ARTE

A fachada ventilada com placas cerâmicas pode ser entendida como a evolução da técnica construtiva introduzida por Otto Wagner, somada ao conceito de *cavity wall* e *rain-screen wall*. Para a caracterização do estado-da-arte deste sistema construtivo, mostraremos resumidamente no presente capítulo, a técnica construtiva introduzida por Wagner no final do século XIX, que é a predecessora de todos os sistemas de revestimentos não aderidos para fachadas utilizados atualmente. A seguir serão apresentados, os conceitos básicos relativos ao *cavity wall* e a *rain-screen wall*, para então discutir-se a normalização nacional e as principais normas estrangeiras que tratam do assunto. Conceituar-se-á também o sistema de fachadas ventiladas em placas cerâmicas de grês porcelanato¹.

2.1) A Técnica de Revestimentos não Aderidos

Há um século, Otto Wagner, professor da Academia de Bellas Artes de Viena, introduziu uma nova técnica construtiva, ao haver intuído a distinção conceitual entre estrutura e envolvente, que nasceu da necessidade de conter gastos e tempo de execução de obra.

Wagner intuía, que seria possível utilizar-se placas de pequena espessura de materiais mais nobres para compor o revestimento externo do edifício. A fixação destas placas se daria através da ancoragem com “insertes” de bronze (rosetas). Desta forma, Wagner pretendia diminuir o volume de pedra a ser aplicado à fachada para uma quinta ou sexta parte daquela que seria necessária para o uso no sistema tradicional; reduzindo ainda, a quantidade de elementos construtivos,

¹ Para efeito prático, trataremos daqui por diante, o sistema de fachadas ventiladas em placas cerâmicas de grês porcelanato por FVPC

possibilitando o emprego de materiais mais nobres através de meios mais econômicos.

Em 1902, no projeto do Kaiser Franz Josef Stadtmuseum – Museu Municipal Imperador Francisco José, aparecem pela primeira vez, placas de granito e mármore, ancorados com fixações metálicas. Tal conceito seria aplicado posteriormente na execução das fachadas da Igreja de São Leopoldo “am Steinhof”, construída entre 1905 e 1909, utilizando-se placas de mármore com 2 cm de espessura, fixadas em apenas um ponto através de ancoragens de cobre, e atadas por tiras horizontais da mesma pedra, com o dobro de espessura, fixadas em dois pontos. (PATÓN, 1995)

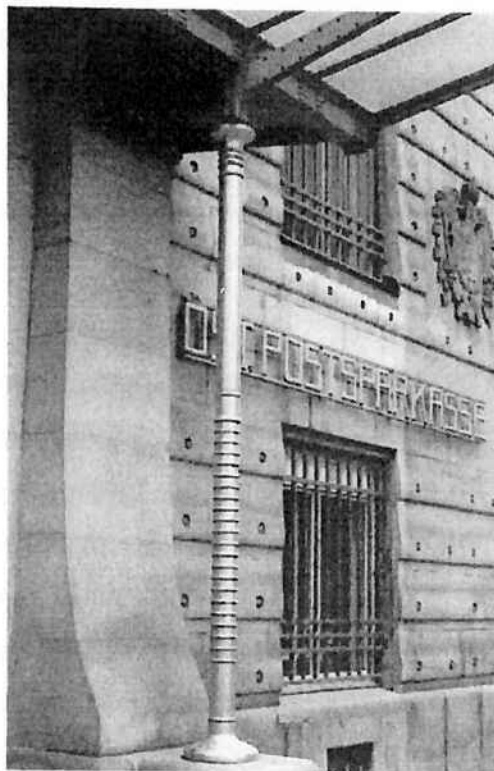


FIGURA 2.1 Casa Postal de Ahorros de Viena (1904-1912) – Projeto de Otto Wagner – extraído de (PATÓN, 1995).

Na verdade, esta técnica é a predecessora das novas tecnologias de revestimentos de fachadas que foram desenvolvidas através do século, como: as fachadas leves, as fachadas-cortina e os sistemas de placas pétreas aderidas.

2.2) A “Cavity wall”

De acordo com EIRAS (1995) , a primeira publicação sobre o *cavity wall* foi feita pelo Builder Journal em 1898. Este conceito foi introduzido às construções de alvenaria para o controle da temperatura e redução da umidade na superfície das paredes internas. Para controlar a entrada de água de chuva por capilaridade, uma câmara de ar com largura entre 50 e 75mm foi introduzida entre a parede interna e a externa da alvenaria, assim, a água que penetrava pela parede externa passava a não ter um meio físico como passagem para chegar à parede interna. A água então, escorria pela superfície interna da camada exterior sendo coletada por pequenos drenos.

O conceito de *cavity wall* é baseado no controle de algumas das forças que atuam sobre o paramento externo das edificações², tais como: gravidade, tensão superficial e a capilaridade.

Nesta solução, a parede exterior é totalmente independente da interior, e a envolve totalmente, até a altura que seja admitida por sua capacidade autoportante. A união entre ambas as paredes era realizada pela implantação de elementos de aço galvanizado ou inox, que não impedem a movimentação diferencial entre elas, devido a diferença de temperatura e umidade a que estão submetidos os materiais constituintes da envoltória e os da envolvente, incluindo-se aqui, o comportamento dos próprios materiais, que fazem com que as diferentes camadas que constituem as vedações sofram movimentações bastante

² O paramento externo quando genérico será tratado neste trabalho por envolvente e a vedação interna como envoltória.

distintas, estando o ponto de maior conflito, sem dúvida, no local onde as camadas interna e externa se encontram: o espaço entre as paredes.

As *cavity walls* apresentavam dificuldades para a implantação em edificações altas, visto que para garantir a estabilidade da envolvente, era necessário apoiá-la sobre a estrutura da edificação ou ancorá-la à envoltória.

“A primeira solução levava a estrutura à fachada, interrompendo a necessária separação entre os paramentos, provocando de imediato o aparecimento de manifestações indesejáveis como as pontes térmicas e a condensação assim que se aumentavam as condições de conforto no interior das edificações, restringindo também, os movimentos da envolvente aos limites dos movimentos da estrutura.

A segunda solução, obriga a uma dependência dos dois paramentos quanto aos movimentos térmicos distintos que se manifestam com maior intensidade na câmara, onde a caixilharia e os “insertes” unem ambos os paramentos. Neste caso, porém, esta situação podia ser contornada com a ventilação da câmara e a implantação de um isolante térmico no interior desta, conseguindo-se assim, que o calor do interior da câmara fosse removido por convecção, uma secagem mais rápida da água que por ventura adentrasse à câmara de ar interna, ao mesmo tempo que se protegia o isolamento dos efeitos dos raios solares” (EIRAS, 1995).

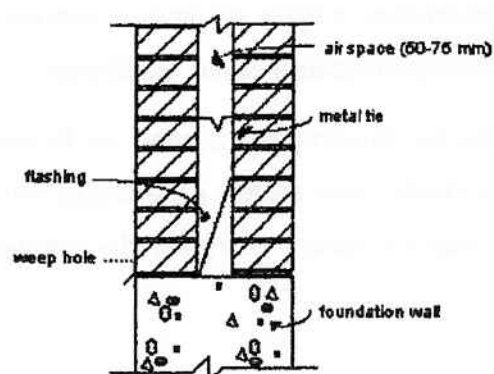


FIGURA 2.2 Seção transversal de uma “cavity wall” em alvenaria.

2.3) A “Rain-screen Wall”

ROUSSEAU (1990) explica que, uma *rain-screen wall* deve ser projetada e construída obedecendo as recomendações de GARDEN³, cuja premissa básica é o controle de todas as forças que podem ser induzidas à fachada pela chuva.

A diferença básica entre a *cavity wall* e a *rain-screen wall* está na equalização das pressões na cavidade localizada atrás da envolvente que é buscada pela segunda tipologia de construção.

O princípio vinculado a *rain-screen* é o controle de todas as forças geradas pela câmara de drenagem da parede, mais a diferença da pressão do ar que atua atrás do revestimento, quando solicitados pela ação do vento.

Este mesmo autor coloca que durante uma tempestade, a infiltração do ar através dos poros do revestimento, juntas e fissuras, é um grande veículo para a penetração da água. O princípio da *rain-screen* é conhecer este potencial prejudicial e conseguir o controle da diferença de pressão do ar atrás do revestimento externo da fachada, procurando anular a pressão do vento no revestimento transferindo-se esta para a câmara, conforme Figura 2.3.

Ainda segundo este autor, “para se obter uma resposta rápida da câmara no sentido de se equalizar as pressões, o fluxo de ar na câmara deve ser mínimo”, fato que não ocorre numa fachada projetada como ventilada.

Portanto, a averiguação deste fenômeno para o caso de fachadas deve ser feita através da construção de modelos para serem ensaiados em tunel de vento. A Figura 2.4 mostra o modelo teórico para o conceito de *rain-screen wall* e o que acontece na prática.

³ Contidas em “open rain-screen principle”, extraído de “Rain penetration and its control. National Research Council of Canada, Division of Building Research, 1963”

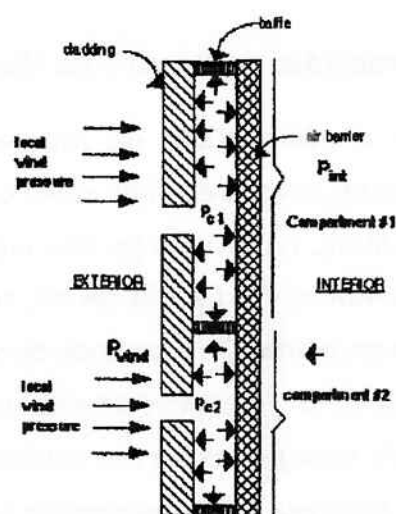


Figura 2.3 Esquema de equalização de pressões do vento, devido ao efeito da *rain-screen wall*.

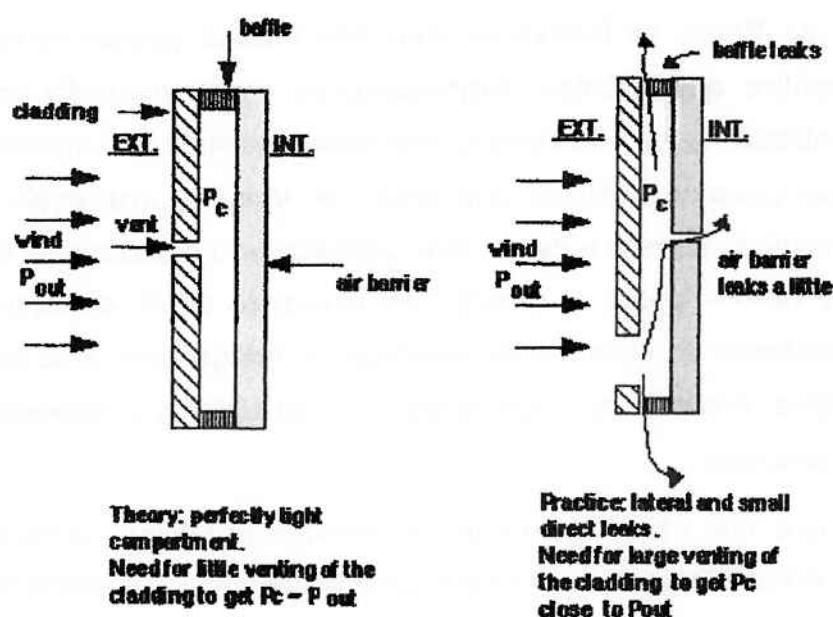


FIGURA 2.4 Comparação entre o modelo teórico e o efeito devido a necessidade se ventilado.

2.3) A Utilização de Fachadas Ventiladas no Brasil e no Mundo

Após a segunda grande guerra, a necessidade da redução do consumo de energia, aliada ao desenvolvimento de novos materiais como o alumínio composto (*"Aluminium Composite Material"* (ACM), na década de 60), o desenvolvimento do grês porcelanato pela indústria cerâmica na década de 80, o aprimoramento de novas técnicas para o corte de placas pétreas, novos tipos de vidros, entre outros, levou os países do oeste europeu a desenvolverem, como uma solução alternativa para a conservação de energia onde as condições climáticas são bastante severas e, portanto, os sistemas de aquecimento e arrefecimento dos edifícios tornam-se críticos, o sistema de fachadas ventiladas.

Esses sistemas têm sido largamente empregados em obras na Itália, Espanha, Estados Unidos e principalmente na Alemanha, onde vem sendo objeto de vários estudos, em virtude de seu alto potencial de desempenho térmico e acústico, entre outros.

Atualmente no Brasil, as fachadas-cortina são usadas apenas como elemento inovador estético arquitetônico, desprezando-se o seu potencial desempenho quando "ventilada". A falta de domínio tecnológico advinda da "importação" desta solução, vem gerando edifícios com áreas de trabalho inabitáveis devido ao grande desconforto térmico e desconforto causado pelo ofuscamento (no caso de fachadas de vidro – "peles de vidro"). Vem causando ainda, aumento de custos para a implantação de sistemas de ventilação e refrigeração e no consumo de energia elétrica; aumento no custo operacional do sistema e conseqüentemente em sua manutenção.

Verifica-se que nas obras brasileiras os grandes problemas enfrentados pelo cliente final estão intimamente ligados à questões relativas a conforto térmico e ao aumento no consumo de energia para condicionamento de ar, fato este citado por ALUCCI (1999), que analisando as fachadas cortina executadas com vidro ou policarbonato, sugere que "deve se considerar, entre outros diversos critérios,

tanto as atividades às quais se destina a edificação (e portanto as condições de conforto do usuário) como as características climáticas regionais onde se implantará tal edificação". Esta autora continua afirmando que "se a escolha do componente, seja vidro ou policarbonato, não considerar aquelas variáveis (conforto e clima), existirá um risco bastante significativo de que parte do espaço interno dos ambientes permaneça inabitável."

O descaso com as condições ambientais torna-se crítico quando da opção por este tipo de revestimento, em virtude de suas características intrínsecas, isto é, as fachadas ventiladas foram desenvolvidas para se controlar a troca de calor entre o interior da edificação e o meio externo, interferindo, portanto, diretamente nas condições de conforto térmico da edificação.

ALUCCI (1999) aponta ainda, outros aspectos negativos encontrados na construção de edifícios com o uso de fachadas cortina no Brasil, quando afirma que "outro inconveniente que pode gerar insatisfação está ligado à temperatura de insuflamento do ar-condicionado: os usuários próximos às fachadas solicitam temperaturas que compensem o desconforto provocado pelo efeito da irradiação (vidro aquecido), o que necessariamente provocará reclamações dos usuários que se localizam próximos à faixa oposta da fachada."

Tais explanações mostram que o processo de projeto para a elaboração de edifícios com fachada-cortina, no Brasil, estão longe de atenderem a requisitos de qualidade, indo de encontro com as definição de MELHADO (1994) que conceitua com propriedade que o empreendedor, o construtor e o usuário podem ser considerados clientes do projeto dentro do conceito de qualidade; este autor continua afirmando que "sendo clientes do projeto, o mesmo deveria levar em conta as necessidades do empreendedor, do construtor e do usuário, para então melhor satisfazê-las (...)" ; MELHADO continua ainda, atribuindo o conjunto de aspectos percebidos por cada cliente como qualidade, afirmando que "o usuário avalia a qualidade do projeto na medida de satisfação de suas intenções de "consumo", envolvendo conforto, bem-estar, segurança e funcionalidade,

somando-se a estes baixos custos de operação e de manutenção; ressalte-se que este é o cliente externo".

ALUCCI (1999) continua seu trabalho, considerando para efeito de avaliação de desempenho térmico e luminoso, um edifício, com pavimentos-tipo de 10X10m, com fachada oeste, totalmente envidraçada, em três cidades brasileiras (São Paulo, Brasília e Rio de Janeiro), tendo-se como referência o mês mais quente do ano às 15h00 (situação crítica de verão). Considerando-se a temperatura de insuflação de 24 °C e umidade relativa do ar de 50% a situação de desempenho encontrada seria a apresentada na Tabela 2.1:

Tabela 2.1 Faixa de Desconforto segundo ALUCCI (1999)

CIDADE	Faixa de desconforto junto à fachada T=30oC	Faixa de conforto oposto à fachada T=26oC
São Paulo	5,0 m	5,0 m
Rio de Janeiro	7,0 m	3,0 m
Brasília	3,0 m	7,0 m

Note-se que a faixa de desconforto vai de 30% da área total do andar (Brasília) à 70% da área total do andar (Rio de Janeiro).

Vários produtos e sistemas de produtos⁴, têm sido introduzidos na indústria da construção de edifícios brasileira como "inovações tecnológicas⁵", sem que haja a preocupação por parte dos projetistas, construtores e indústrias de possuírem o domínio tecnológico desses processos construtivos. Na ânsia pela industrialização, várias empresas construtoras vêm tentando romper por completo

⁴ Entendendo-se aqui "sistema de produto" como o definido por SABBATINI (1989).

⁵ Vide BARROS (1996).

com o processo construtivo tradicional caracterizado pela moldagem úmida (com o uso de argamassas) dos elementos no local de sua utilização, substituindo-a pela construção seca "*dry construction*" que se caracteriza por acoplamento mecânico a seco (encaixes, soldagem, aparafusamento, rebitagem, etc.), proporcionando elevados potenciais de industrialização.

Para BARROS (1997) "uma maneira bastante comum de introdução de alterações tecnológicas na produção de edifícios tem sido as alternativas trazidas pelos fabricantes de materiais e componentes e, também, pelos fabricantes de equipamentos, apesar destes o fazerem com uma menor frequência. No entanto, as "novidades" propostas pela indústria de materiais, componentes e equipamentos, ao serem incorporadas na construção de edifícios, muitas vezes resultam em problemas, sendo freqüentes as falhas originadas pela introdução de novos produtos"; a autora continua sua explanação afirmando que "há, de modo geral, uma expressiva falta de integração entre os fornecedores e as empresas de construção; ou seja, materiais e componentes novos são introduzidos no mercado sem que se coloque à disposição dos "usuários" as informações técnicas para a sua correta utilização. Muitas vezes essas informações nem mesmo são do domínio daqueles que introduziram a novidade".

A quase totalidade destes processos construtivos têm suas origens em países de primeiro mundo, onde é grande o investimento em pesquisas tecnológicas e na elaboração de normas de desempenho; a formação e reciclagem da mão-de-obra é uma realidade e a existência de seguros é uma obrigatoriedade, fazendo da construção civil, uma atividade totalmente distinta daquela existente no Brasil. Além disso, esses países têm como tradição construtiva processos de montagem industrializados.

A construção industrializada tem como base a elaboração de projetos do processo, cuja qualidade depende do conhecimento, por parte do projetista, dos processos construtivos envolvidos na produção, da sua interação com os demais

subsistemas com os quais ele tem interface e de seu desempenho quando submetido às condições de uso.

Outra condicionante para a implantação de novos produtos e sistemas de produtos são as formas arquitetônicas que, cada vez mais arrojadas, levam a indústria da construção à adoção e desenvolvimento de novos materiais e sistemas construtivos.

As vedações verticais (internas e externas) têm sido o principal alvo desse processo na construção civil brasileira, principalmente pelo grande potencial de industrialização e fator estético que apresentam.

Dentro deste contexto, podemos destacar as divisórias leves de gesso acartonado, que vêm sendo apontadas como principais candidatas à substituição das paredes de alvenaria de vedação internas. Para as vedações verticais externas, os painéis pré-moldados para fachadas, com ou sem acabamentos incorporados, são apontados como potenciais indutores da industrialização; além do sistema de fachadas-cortina, que vem sendo bastante utilizados, principalmente em edifícios comerciais de alto padrão.

As fachadas-cortina, por sua flexibilidade e a possibilidade da utilização de uma elevada gama de materiais, entre os quais destacam-se a pele de vidro, as fachadas em alumínio composto, materiais pétreos, placas cerâmicas de grandes dimensões (0,60x0,90m, 0,60x0,60m e 0,60x1,20m – utilizadas em diversos países europeus, com destaque para a Itália e Espanha) entre outros, têm sido responsáveis pela grande liberdade de formas e texturas, sendo que sua adoção nos projetos dos edifícios comerciais modernos vem crescendo a cada dia na Construção Civil brasileira. Porém, curiosamente, apenas o aspecto estético vem sendo observado quando da adoção desse sistema construtivo, sendo que suas outras propriedades que são tanto ou mais importantes, não estão sendo objeto da preocupação dos projetistas quando da opção por este tipo de vedação.

2.4) Fachadas Ventiladas e Fachadas-cortina: conceituação

A TB 354/89 define fachada-cortina como sendo “caixilhos interligados e estruturados com função de vedação que formam um sistema contínuo, desenvolvendo-se no sentido da altura da fachada da edificação, sem interrupção por pelo menos dois pavimentos”. Buscando uma definição mais precisa, adotaremos neste trabalho o termo fachada-cortina como sendo:

“um sistema composto por um ou mais elementos construtivos (alumínio-composto, vidro, pedra decorativa, cerâmica, entre outros), fixado externamente à estrutura do edifício por intermédio de subestruturas metálicas (alumínio ou aço inoxidável) que constituem-se no revestimento externo e/ou vedação de uma edificação; podendo ser implantada tanto em obras novas, como em reformas (*retrofit*)”.

Quando projetada como ventilada, a fachada-cortina proporciona as seguintes vantagens se comparado ao sistema de construção tradicional:

- isolamento térmico: as correntes convectivas de ar atuam como isolantes térmicas entre o exterior e as paredes do edifício, eliminando assim as pontes térmicas;
- diminuição no consumo de energia para o condicionamento do ar no interior do edifício;
- diminuição dos efeitos da dilatação térmica no edifício;
- eliminação de problemas de condensação;
- isolamento acústico;
- diminuição sensível de problemas de infiltração de água;
- facilidade de manutenção.
- menor dependência da habilidade do operário (sistema de montagem altamente industrializado);

- alta produtividade;
- redução nas etapas de controle de recebimento de materiais e produção;
- reduzidos índices de incidências patológicas.

Desvantagens:

- ausência de normas de desempenho e de requisitos de desempenho;
- dependência de profissionais treinados;
- dependência de mudanças organizacionais nos processos de gestão do empreendimento e da produção;
- falta de fabricação, desenvolvimento tecnológico e comercialização no mercado brasileiro de complementos e acessórios;
- exigência de projeto específico;
- custos elevados.

As fachadas ventiladas possuem alta resistência contra a ação das chuvas, tempestades, granizo, vento e não necessitam de proteção contra a condensação do vapor de água (DIN 4108-3).

No entender de PARÍCIO (2000), a fachada ventilada exige do projetista, uma profunda revisão nos conceitos de projeto devido ao fato do desempenho da fachada tradicional estar relacionado à sua espessura, enquanto que o desempenho desta solução está relacionado à ventilação da câmara e a sua composição multicapa. As mudanças no funcionamento de cada elemento exigem uma reformulação de conceitos quando da elaboração do projeto da fachada e no momento de se estudar sua composição, a localização das juntas, a fixação da caixilharia e seu aspecto final.

PARÍCIO (2000) afirma que a câmara diminui os problemas de estanqueidade, dificultando a passagem da água da envolvente para a envoltória, evacuando a umidade que chega ao tardo da envolvente graças à sua contínua ventilação.

Quando julgar-se necessário o incremento do isolamento térmico, este poderá ser realizado pela instalação de um material específico no interior da câmara, aderido à envoltória. Esta faz parte do invólucro do edifício, sendo constituída pelo elemento de vedação vertical e sua estrutura.

Os aspectos mais importantes da fachada ventilada podem ser reunidos em três grandes grupos: as interações entre a envolvente e a envoltória; a formação da câmara de ar; e a sustentação da envolvente.

- Interações Entre a Envolvente e a Envoltória.

Para este autor, na fachada ventilada as camadas interior e exterior deixam de ser como na fachada convencional, duas faces de uma mesma solução construtiva, para converter-se em dois elementos construtivos com funções e relações com o edifício totalmente distintas.

A camada interior (envoltória) é parte do conjunto solidário do edifício, podendo esta ser portante ou simplesmente de vedação. Em ambos os casos, a envoltória estará inserida entre os elementos estruturais do edifício e deverá garantir uma certa estanqueidade ao ar, porém, suas principais funções são as de vedação do espaço interior e a de servir como suporte para a camada exterior (envolvente).

A camada exterior deve ser entendida como a envolvente global de toda a construção, sobreposta a esta como um elemento independente. O material de que é constituída definirá sua imagem arquitetônica, porém, sua principal função é a formação da câmara de ar. Por isso, sua espessura não é importante, sendo esta restrita apenas, a sua estabilidade.

- A Formação da Câmara de Ar

A câmara de ar fica localizada entre a envolvente e a envoltória, sendo a ela atribuída as principais funções da fachada: a estanqueidade e a proteção térmica.

A água que penetra a envolvente não deve ter nenhum caminho para chegar à envoltória, assegurando assim, sua descida pelo tardo do revestimento, sendo

eliminada através de aberturas para o exterior, auxiliada pela ventilação da câmara.

Quanto ao conforto térmico, o aquecimento da envolvente provoca uma variação na densidade do ar situado na câmara, incitando um movimento de ascensão denominado "efeito chaminé", responsável pela eliminação por convecção, do ar aquecido pela radiação solar.

O desempenho desta ventilação depende da manutenção de aberturas embaixo e no topo da instalação, tomando-se o cuidado de que nenhum elemento construtivo interrompa a corrente de ar, vindo a causar um fluxo convectivo localizado. A MARAZZI (1997) associa o comportamento da fachada ventilada do ponto de vista higrotérmico, em função das estações do ano da seguinte forma:

- **NO VERÃO:** A parcela de calor que não é refletida pelo paramento externo ativa o "efeito chaminé", fazendo que apenas uma parcela do fluxo de calor seja absorvida pelo edifício. Este efeito de reflexão pode ser controlado, utilizando-se no paramento materiais que propiciem maior proteção térmica e especificando-se cores claras.

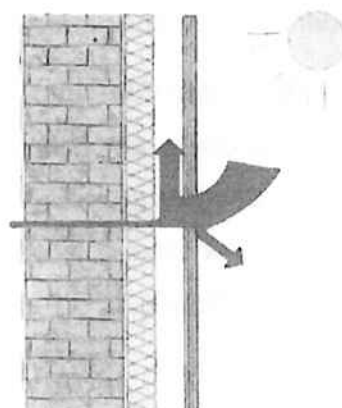


FIGURA 2.4 Transmissão térmica no verão - MARAZZI (1997)

NO INVERNO: O efeito da convecção de uma camada de ar movimentando-se sobre a parede do edifício forma uma corrente de ar isolante. Outro efeito desta

corrente de ar é o impedimento da formação de condensação do lado de trás do revestimento externo proveniente da migração de ar do interior para o exterior devido ao aquecimento interno do edifício, esta corrente de ar impede também a passagem da água do revestimento para a parede interna.

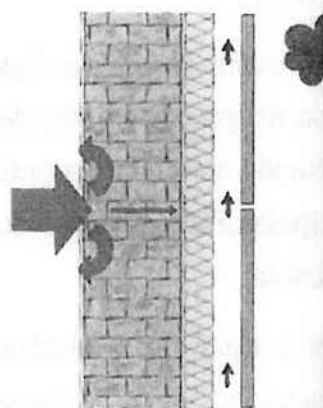


FIGURA 2.5 Conservação de calor no inverno - Fonte MARAZZI (1997)

As várias literaturas divergem sobre qual seria a espessura ideal para a câmara de ar. Segundo PARÍCIO (2000), quase não existem dados sobre esta indagação. Este autor, coloca como limite inferior, a espessura de 3cm devido a motivos construtivos, pois será inevitável a existência de “rebarbas” de argamassa, abertura da forma de concretagem, etc. Como limite superior, o autor sugere a espessura de 10cm, alegando que acima desta, parece torna-se inútil e inclusive contraproducente; e do ponto de vista mecânico aumentaria o risco de flambagem das peças de fixação.

Porém, há que se observar, que construtivamente, a necessidade da implantação de perfis metálicos para a execução da estrutura suporte do revestimento (conforme será visto 2.6.2) obriga a uma espessura da câmara com maiores dimensões, ficando esta geralmente compreendida entre 5 e 15cm.

A inclusão de um elemento de isolamento térmico no interior da câmara nem sempre é necessário, sendo restrita a determinados climas e em função das

características da envoltória. Porém, deve-se levar em consideração que a recente crise energética instalada no país, acarrete a mudança de posicionamento por parte dos projetistas no sentido de prover os edifícios de um isolamento térmico mais adequado.

- **A Sustentação da Envolvente.**

A estabilidade da envolvente é proveniente de sua ligação com a envoltória que se dá por intermédio das peças de fixação. A função destas peças é a de transmitir os esforços de compressão e tração, verticais (oriundos do peso do revestimento) e horizontais provocados principalmente pela ação do vento na envolvente para a envoltória, com a suficiente eficácia.

PARÍCIO (2000) comenta que a rigidez e resistência mecânica das peças de fixação devem ser elevadas, sendo capazes de transmitir os esforços axiais sem sofrer deformações excessivas, e devem possuir flexibilidade suficiente para permitir movimentos diferenciais entre as duas camadas nas demais direções.

Estes movimentos tendem a ter valores bastante diferenciados devido a presença do material isolante, diferentes condições de exposição de ambas as camadas, diferença de coeficiente térmico dos distintos materiais com que foram construídas e ao caráter contínuo de uma e descontínuo de outra.

Segundo o mesmo autor, este comportamento de rigidez axial e flexibilidade perpendicular é um dos principais fatores que devem ser levados em consideração quando da escolha das peças de fixação.

2.5) Normalização Sobre Fachada-cortina

Pelo fato das fachadas cortina geralmente apresentarem condições especiais de dilatação térmica e ancoragem, suas principais limitações quanto a aspectos construtivos estão relacionadas à falta de uma norma de instalação e desempenho. Criadas há 15 anos, apenas recentemente foram revisadas (NBR 6426 e NBR 6427), enquanto que nos demais países é comum que a atualização

ocorra num período entre dois e cinco anos, dependendo do surgimento de novos materiais ou constatação de exigências não previstas (SPINA, 1998).

Um bom exemplo de conflito entre as normas brasileiras e estrangeiras é quanto ao coeficiente de deformações sob cargas de vento. A NBR 10821 permite uma deformação do vão luz sobre $l/150$, enquanto que as normas norte-americana e argentina aceitam deformação do vão luz de $l/175$ ou $l/200$. Portanto, para um vão luz de 3,00 metros entre fixações numa fachada cortina, a norma brasileira admite 2,0cm, valor este, incompatível com a deformação prevista para o vidro.

Há ainda outros fatores a serem considerados em normas de desempenho, como: realização de testes de estanqueidade à água em condições mais próximas às condições de uso (hoje a pressão exercida pelos ventos, prevista em ensaios, é inferior às de condições normais de uso), ensaios mais rigorosos quanto aos esforços em condições de uso, condições de estanqueidade, isolamento térmico e acústico, etc.

Para a caracterização do sistema quanto a essas condições pode-se utilizar a ASTM E 331-96 e E 547-96 - ensaio para a determinação da penetração de água em fachada-cortina devido a diferença uniforme e cíclica da pressão estática do ar.

Para a determinação do desempenho estrutural de fachada-cortina submetida a uma diferença de pressão estática do ar uniforme e cíclica utilizam-se as normas ASTM E 330-97 e E 1233-97, admitindo-se para a velocidade básica do vento, aquelas contidas no gráfico das isopletras da NBR 10821.

Outra verificação importante é o ensaio para a determinação do desempenho de fachadas-cortina, atingida por um corpo e exposta a um diferencial cíclico de pressão prescrito pela ASTM E 1886-97.

O ensaio consiste na montagem de um componente, que será atingido pelo impacto de um corpo e submetido a uma pressão cíclica diferencial pelo componente de ensaio de acordo com um programa de carregamento específico.

Os projetos estruturais de fachadas-cortina são essencialmente baseados em modelos de pressão positiva e negativa, para resistir a pressões baseados na velocidade do vento com um baixo período de recorrência (usualmente de 25 a 100 anos) que desejam relacionar níveis de confiança estrutural e são apropriados para o tipo e importância da edificação. A adequação do projeto estrutural é comprovada por outros métodos de ensaio (ASTM E 330 e E 1233) que discutem provas de cargas como fatores somados à segurança.

A DIN 18516-1, é uma norma voltada para os requisitos e princípios de ensaio para fachadas ventiladas.

É comum a construção de caixilhos em alumínio com ancoragem feita por parafusos de ferro galvanizado eletrolítico ou cadmiado. Considerando que em regiões litorâneas a corrosão do ferro progride da ordem de três décimos de milímetro por ano (sendo agravado ainda, pela corrosão galvânica decorrente do contato entre o ferro e o alumínio), é comum que os parafusos já estejam corroídos antes mesmo da entrega da obra aos usuários. Em alguns anos o parafuso se decompõe totalmente, situação que representa grande risco para o usuário. É bom lembrar que as normas já exigem o uso de parafusos de aço inoxidável.

Fabricantes e consultores de esquadrias, quando se deparam com projetos que envolvem a colagem de painéis de vidro ou de alumínio composto, utilizam normas estrangeiras IRAM 11980 e ASTM C1184. Desde a execução da primeira obra no Brasil (Citibank) utilizando-se vidros colados, passaram-se 18 anos. Nesse período, muitos fabricantes de esquadrias desenvolveram suas linhas de fachadas cortina "*curtain wall*", sem qualquer diretriz normativa, apoiados apenas nos critérios definidos pelos fabricantes de silicone e fitas adesivas (SPINA, 1998).

2.6) O Sistema de Fachada Ventilada com Placas Cerâmicas de Grês Porcelanato

KISS (1999) afirma que, o sistema de fachadas ventiladas “caracteriza-se pela existência de um espaço intersticial entre a camada de revestimento e a parede que é permanentemente ventilado no sentido vertical pelo chamado efeito chaminé (convecção). Para este autor a primeira definição de fachada ventilada vem das “Directives Communes pour l’Agrement des Façades Légères” , de 1968, do CSTB, que denomina de ventilada, a fachada que “se comunica com o exterior através de orifícios que possibilitem uma ventilação permanente de baixo para cima”.

Ainda segundo este autor o conceito mais aceito atualmente foi o estabelecido em 1990 pela norma italiana__que define fachada ventilada como um “sistema de revestimento externo caracterizado pela existência de uma camada isolante sobre a parede de vedação e uma camada externa de revestimento, estanque à água, composta de painéis modulares, fixadas ao edifício por uma estrutura metálica (...) o sistema deve prever um espaço vazio que permita, por efeito chaminé, uma ventilação contínua no sentido vertical”.

Diante do discutido até aqui, entenderemos fachada ventilada com placas de grês porcelanato, como sendo:

“um sistema de revestimento externo, não aderido, composto por placas de grês porcelanato de grandes dimensões com as juntas entre as placas abertas, fixado ao edifício através de uma estrutura metálica de modo a permitir um distanciamento da ordem de 5 a 15 cm entre o revestimento e o elemento de vedação, com o objetivo de permitir uma ventilação contínua no sentido vertical, através do efeito chaminé”.

2.6.1) O Grês Porcelanato

Segundo o CCB – Centro Cerâmico do Brasil, no cenário mundial, com uma produção da ordem de 428 milhões de metros quadrados produzidos em 1999, o Brasil aparece em quarto lugar entre os principais produtores de revestimentos cerâmicos, estando atrás apenas da China, Itália e Espanha; sendo a quase totalidade do produto produzido consumido internamente, visto que, pouco mais de 10% da produção brasileira de revestimentos é destinada a exportação. Os revestimentos cerâmicos têm tido um emprego cada vez mais diversificado em virtude de suas características intrínsecas: estética, durabilidade e facilidade de limpeza e higienização, que o tornam apropriados para o emprego em ambientes

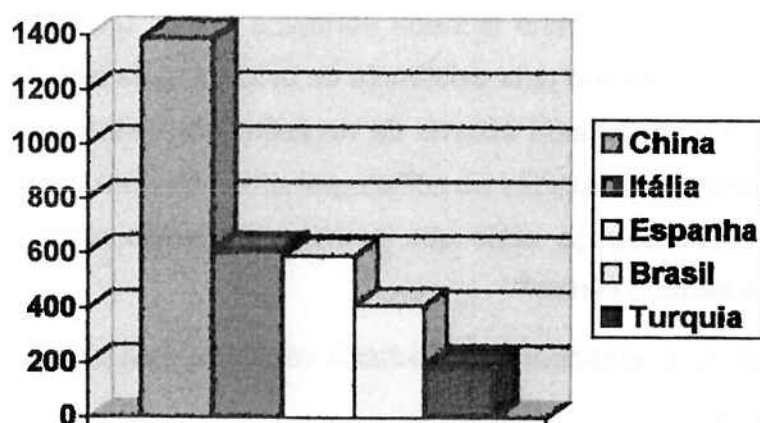


FIGURA 2.7: Produção em milhões de metros quadrados dos principais países produtores de revestimento cerâmico – Fonte CCB (1999)

residenciais, industriais, hospitalares e comerciais, sendo sem dúvida, o revestimento que mais se adapta às diversas solicitações de uso.

Tal diversidade de aplicações foi possível, devido à profunda mudança tecnológica que as indústrias de revestimentos cerâmicos vêm sofrendo nas últimas três décadas. A produção do grês porcelanato teve início nos anos 80, após o desenvolvimento do processo de queima rápida (monoqueima ou biqueima) ocorrida nos anos 70 e 80, que causou uma profunda mudança no setor da indústria cerâmica.

MENEGAZZO (2000), afirma que “o desenvolvimento do grês porcelanato possibilitou a extensão do uso de materiais cerâmicos para locais de domínio de pedras naturais às quais possuem uma resistência à abrasão mais elevada do que os produtos cerâmicos esmaltados”. A autora continua afirmando que “dentre as principais características apresentadas por este produto pode se destacar: alta resistência à abrasão, baixo valor de absorção de água, alta resistência mecânica, alta resistência ao ataque químico (ácidos e álcalis), alta dureza, resistência ao gelo, uniformidade de cores, facilidade de manutenção (...)”.

De fato, o avanço desta tecnologia possibilitou a introdução de um novo produto no mercado da indústria da construção civil, com características totalmente distintas daquelas apresentadas pelas placas cerâmicas até então utilizadas pelo setor, advinda da possibilidade de produção de peças cerâmicas com excelente precisão dimensional, com espessura entre 8 e 12mm, e dimensões de até 600 X 1200mm (muito superiores àquelas que poderiam ser aplicadas em fachadas pelo processo tradicional – o aderido), o grês porcelanato tornou-se o principal concorrente das placas pétreas para a execução de fachadas ventiladas nos países do oeste europeu, apresentando as seguintes vantagens em relação a estas:

- menor absorção de água;
- menor peso;
- material homogêneo (as placas pétreas devem ser escolhidas e separadas na jazida devido a apresentam grande variedade de tonalidade e aspecto);

- menor potencial de manchamento (devido a alta absorção de água e conseqüente lixiviação de sais solúveis para a superfície, as placas pétreas apresentam manchamento quando expostas à intempérie;
- menor controle na recepção e na escolha para a aplicação;
- maior perspectiva de durabilidade.

A Tabela 2.1 apresenta as especificações para o grês porcelanato descritas por MENEGAZZO, de acordo com a ISO 13006.

O CCB, relacionava em 2000 duas indústrias produtoras de grês porcelanato certificadas no Brasil: a Eliane - Criciúma- SC e a Cecrisa 8 -Cemisa - Santa Luíza MG, com produções respectivas de 240 mil m²/mês e 50 mil m²/mês. A Portobello também está construindo uma empresa em São Paulo para a produção desse revestimento.

TABELA 2.1 Especificações para o grês porcelanato, segundo a norma ISO 13006, adaptado de (MENEGAZZO, 2000)

Características Técnicas	Tolerâncias Máximas, Segundo a ISO 13006
Largura e Comprimento (%)	± 0,5
Espessura (%)	± 0,5
Retitude dos Lados (%)	± 0,5
Ortogonalidade (%)	± 0,6
Planaridade (%)	± 0,5
Absorção de Água (%)	± 0,5
Resistência à Flexão (N/mm ²)	≥ 0,35
Carga de Ruptura (N)	≥ 1300
Resistência à Abrasão Profunda (mm ³)	Max 175
Resistência ao Gelo	Exigida
Resistência Química	Max. Classe B

2.6.2) A Fachada Ventilada com Placas Cerâmicas de Grês-Porcelanato (FVPC).

O sistema de revestimento de fachadas ventiladas com elementos cerâmicos é caracterizado pela montagem de peças cerâmicas de grandes dimensões com as juntas abertas.

As peças cerâmicas são obtidas por prensagem através de diferentes tecnologias de produção, todas elas atendendo ao grupo B1 da norma EN 176.

As dimensões das peças cerâmicas são geralmente as seguintes:

- 600X900mm (nominais) com dimensões reais de 592X892mm, por 11mm de espessura, sendo seu peso da ordem de 25,0 Kg/m²;
- 600X600mm (nominais), com dimensões reais de 592X592mm, por 11mm de espessura, sendo seu peso da ordem de 25,0 Kg/m²



FIGURA 2.8: Edifício com fachada ventilada executada em cerâmica - Fonte MARAZZI (1997)

Outros formatos podem ser obtidos através do corte das peças a fim de se obter a modulação estabelecida em projeto. A montagem de todos os formatos deve prever juntas de 8mm que se mantêm fixas graças a forma de fixação das placas.

Pelo fato do sistema de fachada ventilada ser composto por materiais heterogêneos, as temperaturas exteriores às quais o revestimento está sujeito e o salto térmico provocado pela sua exposição aos agentes climáticos podem ser bastante elevados em situações extremas.

MEDEIROS (1999) afirma que “uma fachada revestida com placas cerâmicas de cor escura na qual a temperatura superficial pode chegar facilmente a 70 °C, sob a ação de insolação direta em um dia típico de verão (...) esta fachada está sujeita a uma chuva forte e repentina que pode provocar o rápido resfriamento da superfície das placas, provocando uma contração brusca e extremamente significativa”.

Portanto, para se obter a estabilidade do sistema como um todo, cada elemento que o compõe, deve poder dilatar-se e retrair-se.

Sendo os coeficientes de dilatação térmica linear dos materiais que compõem a fachada, obtidos de MARAZZI (1997):

-Concreto : $10:13.10^{-6}C^{-1}$

-Cerâmica : $7.10^{-6}C^{-1}$

-Alumínio : $23.10^{-6}C^{-1}$

Fica claro a necessidade de executar-se juntas de dilatação térmica. O manual da MARAZZI (1997), recomenda que os perfis de alumínio tenham comprimento máximo de 3m, que suas juntas coincidam com as juntas horizontais entre as peças cerâmicas e que estas possuam espessura da ordem de 10mm. Deve-se também verificar as juntas estruturais dos edifícios, montando-se os perfis e placas de tal forma que estas sejam respeitadas.

Outras características importantes do sistema de FVPC são as características das placas e dos sistemas de fixação que serão brevemente discutidos a seguir:

- **As Placas de Grês Porcelanato:** As placas de grês porcelanato utilizadas nas fachadas ventiladas devem possuir uma malha de fibra de vidro aderidas ao tardo com a finalidade de evitar a queda da placa no caso de ruptura.

O manual da MARAZZI (1997) discorre sobre essa forma de proteção, que é obtida a partir do uso de um adesivo poliuretânico para a colagem de uma tela de fibra de vidro com malha de 4x5mm ao tardo da placa .

- **Sistemas de Fixação das Placas:** A maior parte dos sistemas de fixação de FVPC baseiam-se em estruturas portantes de perfis de alumínio verticais, fixados à parede de vedação através de chumbadores, além de peças para promover o acoplamento da placa cerâmica à estrutura, sendo que o sistema pode se distinguir em duas variantes principais pela forma de fixação: com acoplamento visível e com acoplamento não visível.

i- **Sistemas com acoplamento visível:** estes sistemas se caracterizam pela alta produtividade na montagem, além de apresentarem uma solução mais versátil, flexível e econômica pelo fato das placas não necessitarem de nenhum tipo de manuseio prévio e por dispensarem o uso de perfis (guias) horizontais. Neste caso, utiliza-se selantes elastoméricos (mástiques) entre os perfis e as placas com a finalidade de se evitar vibrações provocadas pelo vento.

ii- **Sistemas com acoplamento não visível:** Este sistema é caracterizado por uma manipulação prévia da placa de grês porcelanato, decorrente da execução de quatro furos em seu tardo para a implantação de uma bucha que servirá como ancoragem; a posição destes furos pode variar em função das necessidades de projeto. Comentaremos aqui, o sistema descrito pelo manual da MARAZZI (1997), que recomenda respeitar os

seguintes limites: para placas com formato de 60x60cm, a distância mínima dos furos aos bordos da placa é de 50mm e a máxima de 100mm, sendo de 50mm a distância mínima entre duas buchas; para o formato de 60x90cm, as distâncias desde o bordo do lado maior estão entre 100 e 200mm.

A subestrutura necessária para este sistema de fixação é diferente da fixação por acoplamento visível, sendo composta por: ganchos de ancoragem fixados ao tardo da placa cerâmica e estrutura portante formada por perfis verticais e horizontais (guias). Os ganchos são fixados ao tardo da placa por intermédio dos 4 (quatro) parafusos (rosqueados às buchas descritas anteriormente), mediante porcas de aço inoxidável que se "auto travam". Sua função é permitir o acoplamento entre a placa e a estrutura portante. Nos ganchos superiores devem ser previstos sistema de regulação por parafusos que permita ao instalador o aprumo da peça. Um segundo parafuso sem cabeça permite bloquear a placa na guia, evitando que esta mova-se horizontalmente em virtude de ventos laterais e de dilatações térmicas, porém, apenas um dos dois ganchos superiores deve ser preso, para permitir a livre movimentação por dilatação em apenas um sentido.

A estrutura portante, neste caso, é composta por uma trama de montantes verticais e guias horizontais. A estrutura vertical deve ser composta por perfis de alumínio estrudado, sendo que a escolha dos mesmos se dá através do dimensionamento estrutural. A distância entre um montante vertical e outro é função do projeto, e do formato das cerâmicas utilizadas.

A fixação da subestrutura ao edifício dá-se por intermédio de perfis "L" de alumínio com as mesmas características do alumínio utilizado para a estrutura.

As guias horizontais são fixadas aos montantes verticais por intermédio de rebites de liga de alumínio com aço inoxidável. As barras horizontais, com comprimento máximo de 6m são dotadas de ranhuras de fixação e deslizamento para permitirem as dilatações horizontais; sobre estas, são fixadas as placas cerâmicas através dos ganchos de ancoragem, sendo a tolerância admitida entre estas da ordem de 2mm.

Outro elemento importante são as juntas entre os elementos de revestimentos que podem ser preenchidas com mástique ou simplesmente deixadas abertas.

No caso de revestimento cerâmico, normalmente se deixam juntas de 8mm abertas. Isto não provoca alterações significativas no fluxo de ar e a quantidade de águas pluviais que entra no sistema é considerada mínima (da ordem de 0,4%, sendo que apenas 0,1% é absorvida pela parede). Deve-se lembrar ainda, que quando o sistema encontra-se vedado, a incidência de vento sobre o paramento faz com que a pressão externa aumente significativamente, aumentando também, o diferencial entre as pressões internas e externas. Tal diferencial faz com que a água (no caso de falhas de vedação) migre naturalmente da região de maior pressão (área externa) para a região com pressões mais baixas (área interna).

Quando da incidência de chuva com vento sobre o paramento externo com juntas abertas, as pressões internas e externas tendem a se igualar⁶, reduzindo assim, a possibilidade da entrada de água no interior do sistema. Além do mais, este sistema diminui em muito a manutenção das fachadas, visto que, a principal causa das constantes manutenções é devida à deterioração das juntas de mástique.

⁶ Vide o conceito de *rain-screen wall* discutido no item 2.3

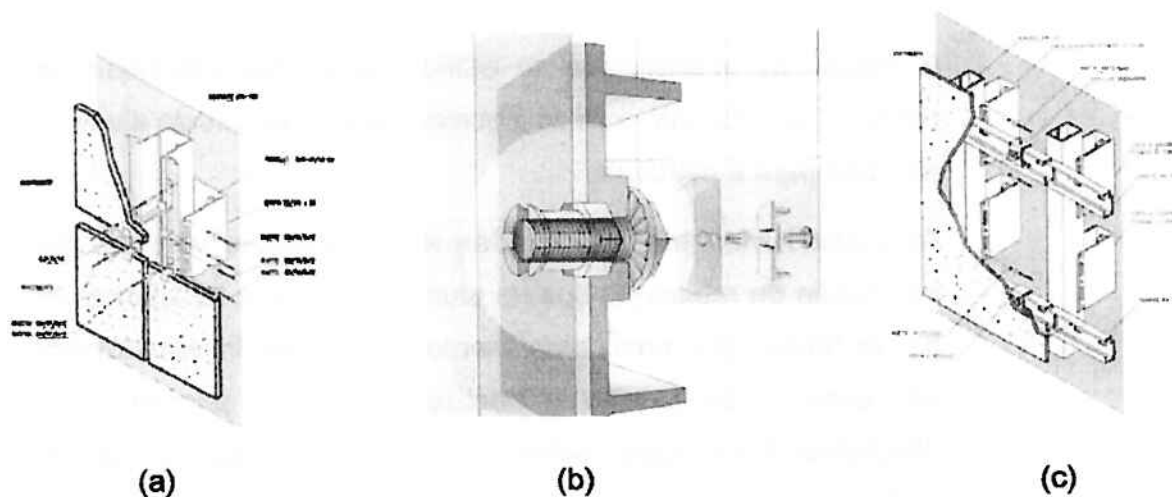


FIGURA 2.9 (a) Fixação através de ganchos aparentes; (b) Fixação através de parafusos inseridos no tardo; (c) Perfis verticais e horizontais formando uma malha ortogonal onde as peças são fixadas.

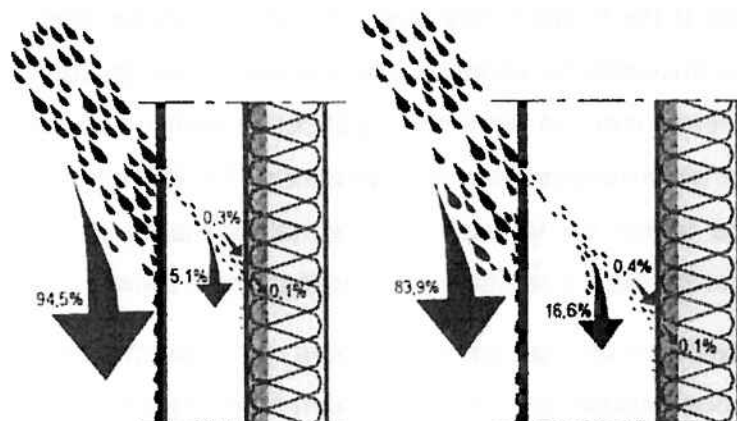


FIGURA 2.10 Porcentagem de água que incide na parede do edifício no caso de juntas abertas MARAZZI (1997).

3) O PROJETO DE FACHADAS VENTILADAS

3.1) Importância e Abrangência do Projeto

As fachadas-cortina foram introduzidas no Brasil em 1983, quando da construção do edifício do Citibank na Avenida Paulista. Desde então, nenhuma preocupação tem sido verificada no sentido da melhoria deste processo construtivo. Prova disto é o fato de, até o momento, nenhum edifício ter sido projetado no Brasil com o sistema de fachada ventilada, que nada mais é que uma evolução do processo de projeto da fachada-cortina, tirando dele, as vantagens de desempenho que o sistema potencialmente oferece. Ao invés disso, continua-se projetando fachadas cortina da mesma forma que há 18 anos, isto é, introduzindo-se imensos problemas de conforto térmico e enormes gastos com o insuflamento de ar-condicionado nos edifícios projetados com esse sistema; preocupando-se única e exclusivamente com a textura, forma e paginação da fachada para a distribuição dos insertes e das peças de revestimento.

Alguns autores chegam a propor um "correto" insuflamento do ar-condicionado para corrigir o desconforto causado pelo aquecimento, o que seria sem dúvida combater o efeito sem que a causa tenha sido sequer questionada.

Esse quadro verifica-se pela característica das empresas e do profissional da construção civil brasileira, que raramente saem em busca de novas informações ou se reciclam, ou seja, aplicam muito pouco ou quase nada em pesquisa e desenvolvimento de produtos e sistemas construtivos inovadores ou tradicionais.

BARROS (1997) analisa o processo de obtenção de informações, sugerindo como fontes de busca de conhecimentos a bibliografia disponível e também a normalização técnica; a autora critica, ainda, a "imitação" de tecnologia empregada por outra empresa, afirmando que "esse processo dificilmente permite à empresa que "imita", dominar completamente a tecnologia envolvida"; afirmando que é comum fazer-se "pela metade".

Desta forma, a obtenção de novas tecnologias é traduzida pela qualidade do projeto que procura propor na sua totalidade os conceitos, especificações e características da tecnologia ali empregada, para que o produto final tenha o desempenho esperado.

MELHADO (1994), discorrendo sobre a qualidade na empresa de construção de edifícios, menciona PICCHI [1992], justificando a preocupação com a qualidade a partir do projeto, posto que, segundo esse último autor, o projeto é "indicado em todas as pesquisas como o grande vilão da qualidade na construção".

PICCHI (1993) atribui qualificação de produtos e processos à obtenção da qualidade no projeto, afirmando que: "é fundamental que exista uma coordenação de projetos, que compatibilize todos os projetos, desde os estudos preliminares. Esta coordenação deve também realizar o planejamento de projetos, visando garantir o fornecimento das informações necessárias à obra, nos momentos adequados (...) bem como efetuar o controle da qualidade de projetos (...)".

REIS (1998) discorre sobre ações e posturas das empresas construtoras que resultaram em implementação dos Sistemas de Gestão da Qualidade, dentre as quais foi abordada a "Gestão do Processo do Projeto", que resulta nas seguintes ações para a sua implantação:

- Estabelecimento de parâmetros para a contratação e avaliação de projetistas, bem como de padrões de projeto definidos pela construtora;
- Aumento da exigência por projetos mais dirigidos às necessidades de produção da obra e que tragam, em seu conteúdo, racionalidade e economia a construção;
- Preocupação em retroalimentar dados provenientes dos canteiros de obras para a fase de projeto, embora algumas empresas ainda tenham um processo formalizado para isso;

- Maior cuidado no processo de coordenação de projetos, seja ele realizado pela própria empresa, por arquitetos ou por empresas subcontratadas.

Além das ações citadas por REIS, outros cuidados devem ser tomados quando da contratação de projetos, visando o desempenho do sistema.

A qualidade dos projetos depende da qualidade do conhecimento tecnológico que implicitamente contém e, de modo geral, são incompletos e até mesmo incorretos (...) (MELHADO, 1994).

Esta definição de MELHADO é a que melhor traduz a função projeto da forma como aqui ela será discutida e tratada.

MELHADO (1994) continua citando a proposição de SABBATINI [1989] para uma metodologia para desenvolvimento de processos construtivos, esquematizada na figura 3.1, desmembrada em quatro fases:

- Concepção: composta pelas etapas de estudos iniciais, concepção, projetos de componentes e elementos e projetos de produção do edifício;
- Verificação: que pode ser dividida em produção experimental de componentes e elementos, projetos e construção de protótipos e avaliação;
- Descrição: que é a consolidação da tecnologia;
- Comercialização: compreendida pela divulgação, construção em escala piloto, aperfeiçoamento da tecnologia e a construção em escala de mercado.

A concepção é fase em que se realiza a coleta de informações, a organização dos pensamentos que resultam na elaboração de projetos utilizando determinada tecnologia com a finalidade de atendimento a determinados critérios de desempenho do produto final, previamente estudados e estabelecidos.

A fase de verificação corresponde à avaliação dos processos construtivos, com a finalidade de verificação da exequibilidade do que foi projetado, retroalimentando o

processo de projeto com a finalidade de aperfeiçoamento. Esse procedimento deve ser desenvolvido em laboratórios, canteiros experimentais e indústrias.

A fase de descrição é quando se realiza a consolidação da tecnologia e planeja-se a sua implantação no mercado.

A comercialização consiste na introdução desta tecnologia no mercado.

Dessa forma, fica claro que a implantação de novas tecnologias é obrigatoriamente precedida por uma etapa de pesquisa para a avaliação de sua exeqüibilidade e desempenho, retroalimentando este processo, estabelecendo-se, assim, um ciclo de melhoria contínua.

Verifica-se, ainda, que esta nova tecnologia obrigatoriamente deve ter seu desempenho monitorado por uma avaliação pós-ocupação permitindo a retroalimentação do processo de projeto e resultando na adequação de seu emprego.

Dentro de um ponto de vista contemporâneo no Brasil, a APO (avaliação pós-ocupação) envolve as relações entre homem e ambiente construído e consiste em avaliar o impacto de soluções de projeto no desempenho técnico e funcional da obra, através de estudos e técnicas de mapeamento e consulta aos usuários. MELHADO (1994).

Verifica-se, portanto, que uma mudança de postura por parte dos projetistas, das empresas construtoras e da indústria provocaria uma profunda mudança dos quadros atuais de desempenho no que se refere a vedações verticais em fachada ventilada.

A adoção de procedimentos voltados a um sistema de gestão da qualidade, que se caracteriza pela melhoria contínua, estando sempre em busca da qualidade total, propicia a reciclagem profissional e a implantação da cultura da pesquisa, como forma de busca de conhecimentos e capacitação dos projetistas que devem estar sempre atentos às inovações tecnológicas introduzidas no mercado e

especificá-las somente após ter o completo domínio tecnológico do processo de projeto e de produção dessas inovações.

3.2) Diretrizes e critérios de projeto

MEDEIROS (1999) discute os critérios técnicos que devem ser observados no processo do projeto de fachadas, argumentando que "agrupando por assunto um conjunto de aspectos a serem considerados quando se discute a qualidade das fachadas das edificações, o CTBUH - COUNCIL ON TALL BUILDINGS AND URBAN HABITAT (1995) aponta para uma visão sistêmica do problema que o autor julga oportuna. São os seguintes, estes aspectos:

- i. **Característica arquitetônica da fachada:** Trata-se da composição formal e o arranjo de volumes e funcionalidade dos componentes; a fachada é considerada como um trabalho de arte que interage com o entorno do edifício. Estas características são geralmente controvertidas, devido à sua subjetividade;
- ii. **Qualidade do projeto da fachada:** Muitas vezes confundido com a qualidade estética da arquitetura, o projeto da fachada deve levar em conta um grau superior de preocupação com o sucesso do empreendimento, juntamente com os aspectos estruturais, funcionais (limpeza, recolocação, manutenção), construtivos e operacionais (proteção contra os raios solares, isolamento térmico e acústico, durabilidade, etc.);
- iii. **Qualidade dos materiais de fachada:** Diz respeito à qualidade, principalmente com relação à sua durabilidade, adequação técnica ao entorno, espessura e tamanho das placas. Deve incluir, também, garantia de controle da qualidade destes materiais;

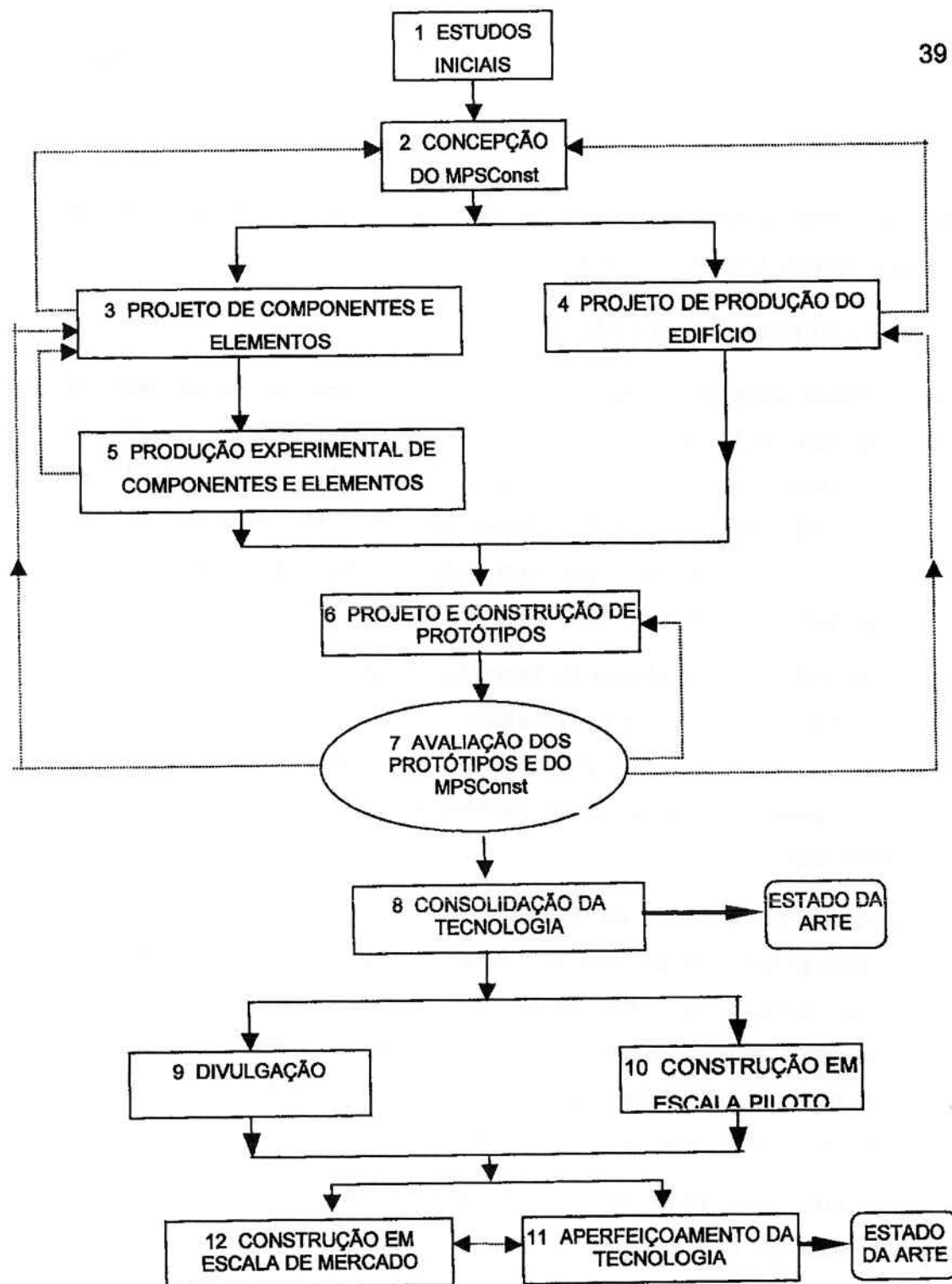


FIGURA 3.1: Ilustração das fases e etapas da metodologia para o desenvolvimento de MPSCConst. proposta por SABBATINI [1989], extraído de BARROS (1996)

- iv. **Execução da fachada:** Um aspecto fundamental da qualidade do produto final é sua manutenção ao longo do tempo, pois sua execução adequada influencia decisivamente a opinião pública em relação à qualidade da fachada e ao profissionalismo das pessoas e empresas envolvidas no processo."

Segundo o CTE (1994), "para a aplicação do conceito de desempenho há a necessidade da definição das condições qualitativas e quantitativas a serem atendidas. Assim os requisitos de desempenho referem-se às condições qualitativas; enquanto os critérios de desempenho são valores quantitativos, estabelecidos através de métodos adequados, empregados para a aferição do atendimento aos requisitos, por parte dos materiais e componentes, e pelos próprios ambientes construídos, para o atendimento das exigências dos usuários".

Portanto, a diferença qualitativa entre a fachada-cortina e a fachada ventilada reside nas diretrizes de projeto, que estão intrinsecamente associadas à qualidade do conteúdo tecnológico que o projeto contém.

Esta qualidade depende integralmente da quantidade e qualidade do conhecimento adquirido e assimilado pelo projetista e da sua habilidade em retransmiti-lo através do processo do projeto.

O manual da MARAZZI (1997) sugere os seguintes procedimentos para a elaboração de projetos e execução de fachadas ventiladas:

- i- **Fase A:** Estudo de viabilidade baseado no material escolhido para a execução da fachada; análise dos custos dos materiais (paramento e estrutura) em função das necessidades técnicas e estéticas; definições das linhas gerais e detalhes construtivos da obra.
- ii- **Fase B :** Concluída a fase A, deve-se seguir este procedimento para a execução do sistema de fachada:
 - Ensaio das paredes e estruturas "in situ";

- Execução dos cálculos estáticos para dimensionamento da estrutura de suporte em função da zona, das cargas atuantes e da ação dos ventos;
- Medir as fachadas do edifício que irá ser revestido;
- Elaboração dos projetos gerais da estrutura suporte e dos detalhes construtivos; preparação da lista de materiais;
- Preparo dos materiais (execução de cortes e furos nas estruturas de alumínio, preparo das placas e materiais de segurança)
- Envio dos materiais à obra;
- Desenho da "trama" estrutural sobre o edifício;
- Início da montagem.

Além destas, os projetos devem conter, informações suficientes para que se obtenha o desempenho esperado considerando-se as seguintes propriedades como fatores de fundamental importância para as fachadas ventiladas: isolamento térmico, acústico, estanqueidade à água e facilidade de manutenção.

A proposta para a execução do projeto sugerida pela MARAZZI, pode ser entendida como parte de um projeto para a produção, posto que trata de aspectos técnicos, organizacionais e operacionais, omitindo (por ser genérica e ampla demais), os aspectos organizacionais do canteiro de obras.

Posto a limitação deste trabalho, que não depende de forma alguma exaurir o assunto relativo a projeto de produção para FVPC, discutiremos resumidamente, a seguir, os aspectos relacionados aos conhecimentos tecnológicos e logísticos necessários para a elaboração do projeto de produção de FVPC.

TABELA 3.1 Requisitos de desempenho de FVPC, adaptado de (SILVA, 1998)

REQUISITOS DE DESEMPENHO NA FASE DE USO	
SEGURANÇA	<p>1. Segurança estrutural</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistência mecânica a cargas estáticas, dinâmicas e cíclicas decorrentes do uso normal ou abuso no uso (ação imediata e fadiga provocada pelo vento, impactos, riscamento, cargas verticais e alterações climáticas); • Eficiência das ancoragens que ligam a estrutura suporte à vedação do edifício; • Eficiência do sistema de fixação das placas (que ligam as placas à estrutura suporte); • Capacidade de absorver deformações (verificadas através do correto modo de fixação das placas).
	<p>2. Segurança ao fogo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reação dos materiais ao fogo (combustibilidade e propagação de chama e liberação de gases e fumaça); • Resistência do sistema ao fogo (integridade, estanqueidade e isolamento).
HABITABILIDADE	<p>3. Estanqueidade à água</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pouca absorção de água; • Eficácia na drenagem de águas pluviais.
	<p>4. Conforto térmico e economia de energia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estanqueidade ao ar; • Isolamento térmico no inverno e no verão.
	<p>5. Aspecto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planeza dos componentes e do conjunto; • Condição superficial (cor, brilho, textura...); • Uniformidade de colocação.
	<p>6. Conforto acústico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento e absorção sonora; • Não ser fonte de ruídos por ações das movimentações térmicas ou da vibração ou impacto provocados pelos agentes atmosféricos;
	<p>7. Conforto tátil</p>
DURABILIDADE	<p>8. Adaptação ao uso</p> <ul style="list-style-type: none"> • Integração das instalações; • Facilidade de montagem e estocagem
	<p>9. Durabilidade (manutenção do desempenho durante a vida útil)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conservação do aspecto (cor e brilho); • Conservação das propriedades mecânicas (resistência ao impacto).
	<p>10. Economia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Facilidade e frequência de limpeza e manutenção; • Custo global.

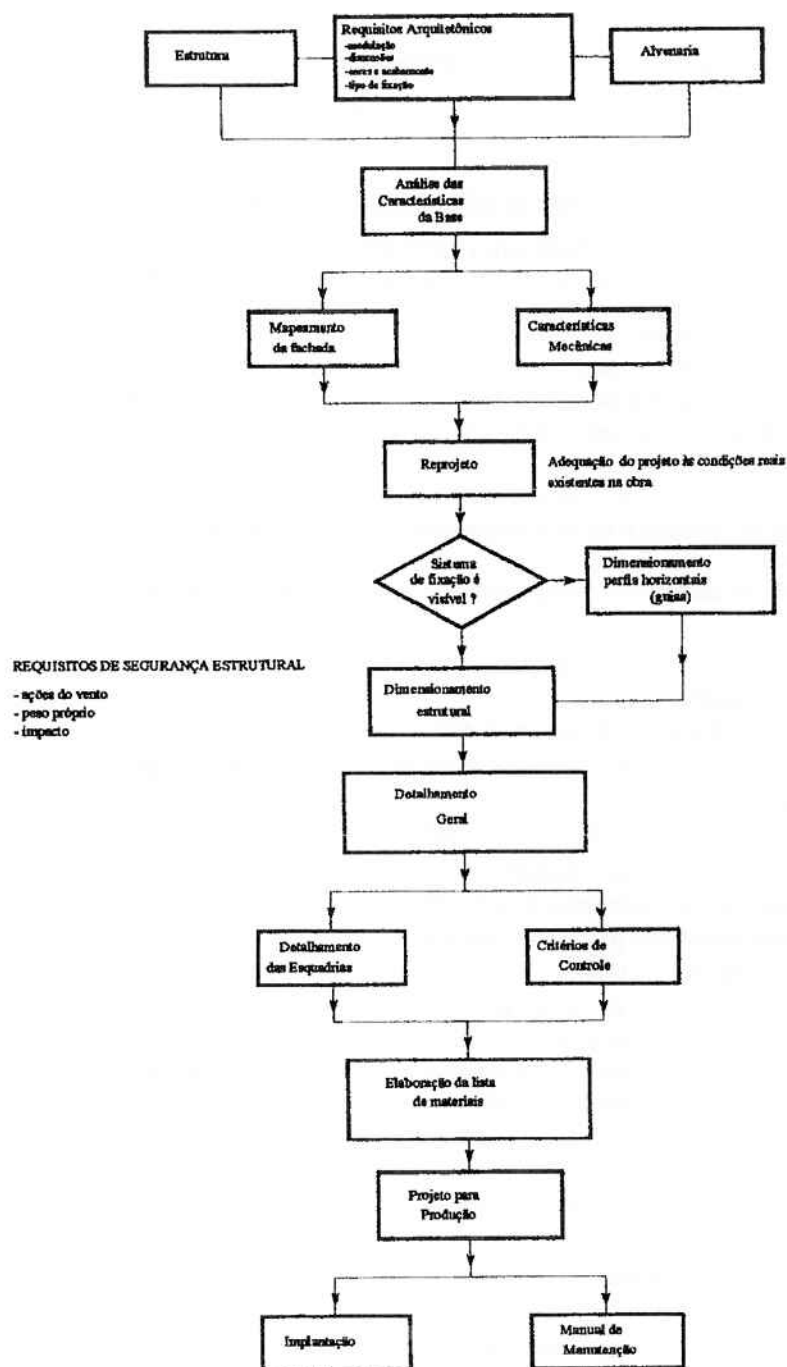


FIGURA 3.2 Metodologia para projeto de FVPC

3.2.1) Desempenho Térmico

características

A seguir, discutiremos as seis principais propriedades e características dos materiais e componentes utilizados na construção civil e o desempenho acústico baseados no texto de CHICHERCHIO (1990).

Esses dados constituirão os elementos definidores dos critérios de desempenho térmico dos sistemas de fachadas ventiladas, são eles: coeficientes de resistência térmica global, coeficiente de transmissão térmica global, amortecimento térmico e atraso térmico.

i- Coeficiente de Condutibilidade Térmica (λ)

Indica a capacidade que uma substância possui em transmitir calor e é utilizado para classificá-la em isolante ou condutora. Este coeficiente pode ser definido como o fluxo de calor que passa na unidade de área de uma parede do material com espessura unitária quando entre os paramentos dessa parede se estabelece uma diferença de temperatura unitária. Assim, λ é medido em Watt/m °C.

O coeficiente de condutibilidade térmica varia com algumas das características de um dado material, como densidade, porosidade, temperatura e umidade. Importa sobretudo, considerar as variações resultantes das diferenças de densidade que, para um mesmo material, corresponde a diferentes quantidades de ar incorporado à sua textura, influenciando como elemento isolador e ainda com maior importância as diferenças de umidade que resultam na substituição maior ou menor do ar confinado por água, que tem um coeficiente de condutibilidade próprio cerca de 25 (vinte e cinco) vezes superior ao ar. Portanto, quanto maior for a umidade, maior será a qualidade de calor transmitido. A umidade do material incrementa o calor a ponto de chegar a anular as vantagens de se usar os chamados isolantes térmicos.

ii- **Condutância Térmica Específica de Uma Lâmina de Material Homogêneo (λ/e)**

É definida para uma lâmina de faces paralelas de uma dada substância, sendo igual à razão entre a condutibilidade térmica e a espessura dada em metros, ou seja, como sendo o fluxo de calor que passa, em uma unidade de tempo, através da unidade de área de uma parede do material, de espessura dada, entre cujas faces está estabelecida uma diferença de temperatura unitária. Portanto, $K' = \lambda/e$ (Watt/m² °C).

iii- **Calor Específico (C)**

É um dos fatores significativos na caracterização da inércia e do atraso térmico dos materiais e elementos de construção. Mede-se pela quantidade de calor necessária para fazer elevar em um °C a sua unidade de massa ; C é medido em Watt x h/kg°C.

iv- **Coeficiente de Trocas Térmicas Superficiais Internas e Externas por Radiação e Convecção (h_e e h_i)**

Indica a capacidade da superfície de um material em trocar calor por radiação e convecção simultaneamente com as superfícies vizinhas ao ar; servem para auxiliar a definir o desempenho térmico dos componentes construtivos, tendo por unidade: Watt/m²°C.

v- **Coeficiente de Resistência Térmica ($1/h_e$ e $1/h_i$)**

É o recíproco da condutância térmica superficial, ou seja, ($1/h_e$ e $1/h_i$).

vi- **Emissividade (ϵ)**

O poder emissivo ϵ de um corpo é definido como sendo a energia emitida pelo corpo por unidade de área e por unidade de tempo. A relação entre o poder emissivo de um corpo real (E_r) e o poder emissivo de um corpo negro (E_o), à

mesma temperatura, é definida como sendo a emissividade ε de um corpo real. Sendo assim, $\varepsilon = E_r/E_o$.

vii- Coeficiente Global de Transmissão Térmica (K)

Quando se estuda o desempenho de um componente da envolvente de um ambiente, costuma-se juntar simultaneamente os desempenhos particulares que o componente apresenta perante os fenómenos de radiação, convecção e condução térmica. Este coeficiente pode ser definido como sendo o fluxo de calor que passa através da unidade da área do elemento quando está estabelecida uma diferença unitária de temperatura entre o ar confinante e suas faces opostas. Para um elemento de material homogêneo ou várias camadas de materiais homogêneos o coeficiente de transmissão térmica é obtido pela função: $R=1/K= 1/h_e+1/h_i+e/\lambda$ ($m^2 \times ^\circ C/Watt$). Sendo R a Resistência Térmica Global (que é um indicador de isolamento térmico para um elemento da construção).

Para componentes heterogêneos, a avaliação do coeficiente global de transmissão térmica não se dá de uma forma tão simplificada assim (isso ocorre, por exemplo, no caso dos blocos furados cerâmicos, de concreto, sílico calcários e para uma parede de tijolos, onde a cerâmica e a argamassa de assentamento possuem condutibilidades diferentes) neste caso, o processo para a avaliação do K se dá da seguinte forma:

$$K = \sum k_i \times s_i / \sum s_i$$

A grosso modo, pode-se dizer que os materiais se classificam em:

- isolantes: $K < 1 \text{ Watt/m}^2^\circ\text{C}$;
- Mediamente isolantes $1 < K < 1,8 \text{ Watt/m}^2^\circ\text{C}$;
- Pouco isolantes $K > 1,8 \text{ Watt/m}^2^\circ\text{C}$.

viii- Amortecimento e Atraso Térmico (μ) e (ϕ)

O processo de transmissão de fluxo de calor, através de um paramento, não se dá instantaneamente, devido à chamada inércia térmica. Essa inércia caracteriza-se pelo amortecimento térmico (μ) e pelo atraso térmico (tempo que o fluxo de calor leva para atravessar um paramento, atrasando a transmissão daquele de um ambiente para outro) (ϕ), sendo que, para um dado material, o amortecimento varia exponencialmente com a espessura.

Quanto menor o valor de " μ ", e maior o valor de " ϕ ", maior será a inércia, e vice-versa.

A norma DIN 4108 estabelece a forma de cálculo para a determinação do coeficiente global de transmissão térmica (K), sendo $K=1/R$, conforme já comentado.

A norma relaciona, também, os valores do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), para diversos materiais.

3.2.2) Desempenho Acústico

Do som que incide em determinado material, parte é refletida, parte é absorvida por este e parte é transmitida através dele. Em princípio, nunca os três fenômenos acontecem isoladamente, porém, em função do tipo de material, um destes se dá em maior intensidade. Por tal motivo podemos classificar os materiais em isolante, refletor ou absorvente.

Todo material deixa-se atravessar pelo som com maior ou menor intensidade. Quanto mais pesados forem os materiais que constituem um componente, maior dificuldade oferecerão ao som para que este os atravesse, pois mais difícil será fazê-lo vibrar. O isolamento sonoro é, portanto, diretamente proporcional à massa: é chamada "Lei Teórica das Massas".

Os componentes da edificação com constituição rígida transmitem o som, porque quando de sua incidência entram em vibração e tornam-se fontes secundárias de propagação.

Se um componente estiver ligado direta ou indiretamente a outro no qual incidiu uma onda sonora, este será também solicitado por movimentos vibratórios.

Num local contíguo àquele onde se encontra a fonte, o ruído resulta pois, dos movimentos das paredes de separação e das outras paredes que lhe são adjacentes.

i- Coeficiente de Transmissão Sonora (τ)

A relação entre a quantidade de energia sonora que atravessa um material qualquer, de uma espessura determinada, por unidade de área e a quantidade de energia incidente, é definida por coeficiente ou fator de transmissão, designado pela letra τ . Esse coeficiente irá determinar o valor do índice de enfraquecimento ou perda de transmissão sonora R, descrito a seguir.

ii- Índice de Enfraquecimento ou Coeficiente de Perda de Transmissão Sonora (R)

Considerando-se um ambiente fechado, verifica-se que cada componente que o separa do exterior deixará passar apenas uma certa quantidade de energia sonora incidente, proporcional à sua área e ao seu coeficiente de transmissão sonora.

Essa quantidade de energia sonora, por unidade de área, que não atravessa um determinado material, sendo portanto por ele retida, é dado pelo índice de enfraquecimento ou perda de transmissão sonora, através de :

$$R = 10 \log 1/\tau_1 \text{ (dB)},$$

Onde R= índice de enfraquecimento em decibéis (dB) na frequência considerada;

τ_1 = Coeficiente de transmissão sonora na frequência considerada.

Portanto, quanto ao desempenho acústico, a escolha dos componentes da edificação deve levar em conta o seguinte:

b.2.1) O nível sonoro da fonte que se deseja isolar (em dB);

b.2.2) O nível sonoro máximo dentro do ambiente, recomendado pela NB 95 em função da atividade a ser exercida no mesmo.

Segundo BARING (1998), procura-se dimensionar as proteções acústicas para padrões definidos como: classe B, classe A e classe A Especial, conforme será descrito a seguir:

iii- Imóvel de Padrão A

A Classe de Transmissão de Som Aéreo (CTSA) e a Classe de Transmissão de Som de Impacto (CTSI), classificam numa escala habitual de 10 a 60, a capacidade que as vedações verticais possuem para reduzir níveis de sons em decibéis (dB) e das vedações verticais para reduzir níveis de impacto, na mesma unidade.

A classe A de proteção acústica, é um pouco menos exigente do que a classe A Especial. A fachada deve ter CTSA não inferior a 45, as janelas devem apresentar CTSA por volta de 30 e as paredes comuns às unidades geminadas, quando de dormitórios ou sala de estar, devem ter CTSA superior a 50. Os pisos destes mesmos cômodos, entre unidades distintas superpostas, devem ter CTSI em torno de 50.

Observa-se que as exigências são colocadas para vedações que separam o imóvel do meio externo ou de outro imóvel. Para vedações internas a uma mesma unidade, as exigências vão depender do uso de cada cômodo e do tipo de contiguidade entre eles. Para o caso de dormitório vizinho de outro dormitório, ou de sala de estar, recomenda-se no mínimo, CTSA 45.

iv- Imóvel de Padrão B

A quase totalidade dos imóveis comerciais e residenciais colocados atualmente no mercado, sobretudo em edifícios multipavimentos, enquadra-se nessa categoria.

Os classificadores numéricos, apresentados no caso do padrão A, resultam reduzidos em 5 unidades, exceto os das janelas, com redução ainda maior, de até

15 unidades de CTSA. Por isso, tais imóveis são acusticamente insatisfatórios, quando situados em áreas urbanas muito barulhentas ou quando os usuários cometem excessos por sons, vozes e ruídos no interior dos condomínios.

v- Furos de Isolação Sonora

Para cada material com determinada espessura, existe uma “frequência crítica”, na qual o isolamento previsto na lei teórica das massas tende a zero, merecendo especial atenção da previsão do isolamento acústico do mesmo.

Quando não há dispositivos de ventilação, forros passantes e quando se tem perfeita estanqueidade nas junções perimetrais e intermediárias, as divisórias e paredes só não corresponderão na parte acústica se a sua constituição implicar nos chamados “furos de isolação sonora”.

3.2.3) Dimensionamento da Estrutura Suporte

A estabilidade da fachada cortina é determinada através de cálculo estático que deve levar em consideração os seguintes fatores:

- O peso próprio da fachada considerando-se o peso da placa, estrutura de suporte e eventuais acessórios;
- A pressão que o vento exerce sobre a fachada que deve ser determinada de acordo com o estabelecido na NBR 10821/2000, que divide o Brasil em 5 regiões e classes de ocupação. Os cálculos devem ser realizados conforme a NBR 6123/1988;
- Determinação das cargas admissíveis para cada material que compõe a fachada (placas, estrutura de suporte, insertes, etc.);
- Movimentações da estrutura da edificação;
- Determinação da flecha máxima admissível.

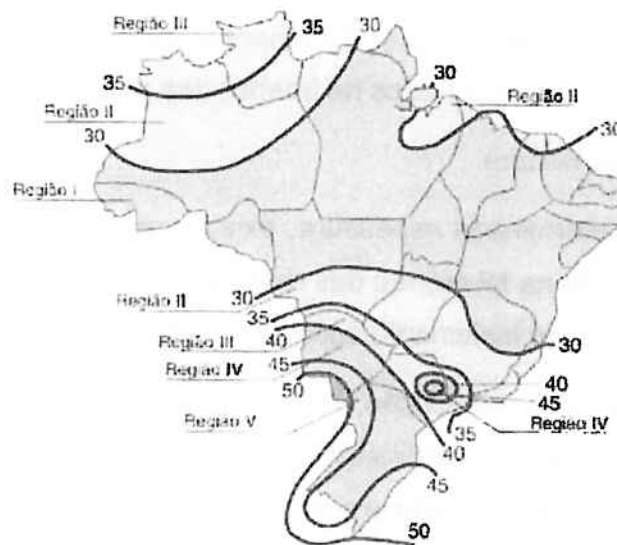


FIGURA 3.2: Gráfico das isoplethas da velocidade básica do vento; "vo" em m/s no Brasil – NBR 10821

3.2.4) O Projeto para a Produção de FVPC

Para BARROS (1996), o projeto que envolve as características da produção é denominado por JURAN [1992] de "*projeto do processo*", e é definido como sendo: "a atividade de definição dos meios específicos a serem usados pelas forças operacionais para atingir as metas de qualidade do produto e deverá incluir:

- as características do processo que, em conjunto, compõem os meios para se atingir as metas de qualidade do produto;
- os equipamentos físicos a serem providenciados;
- o "software" associado (métodos, procedimentos, cuidados, etc.),
- as informações a respeito de como operar, controlar e manter os equipamentos".

Esta autora, continua seu trabalho, citando MELHADO (1994), que caracteriza com propriedade e precisão a abrangência do projeto para a produção quando define-o como sendo "um conjunto de elementos de projeto elaborados de forma simultânea ao detalhamento do projeto executivo, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições de: disposição e seqüência das atividades e frentes de serviço; uso de equipamentos; arranjo e evolução do canteiro; dentre outros itens vinculados às características e recursos próprios da empresa construtora".

É com base nesta definição de MELHADO que o projeto para a produção de FVPC será aqui tratado e discutido.

3.2.4.1) Diretrizes para a Elaboração do Projeto para a Produção de FVPC

As principais premissas relativas a execução de revestimentos cerâmicos aderidos e revestimentos argamassados (etapas de definição do revestimento, da técnica de execução e de controle) podem ser extrapolados para os revestimentos não aderidos em virtude de todas estas tipologias possuírem as mesmas funções, apesar de contarem com características, técnicas construtivas, desempenho e propriedades totalmente distintas.

Procuraremos aqui, então, resgatar algumas das propostas de autores que estudaram o tema REVESTIMENTO PARA FACHADA, entre outros, associando-as à sugestão da MARAZZI, colocada no início deste item, com a finalidade de definirmos uma metodologia para a execução de um projeto para a produção de FVPC.

MACIEL (1998) comenta três etapas distintas para a execução do projeto de revestimento, afirmando que "as especificações preliminares do revestimento são definidas numa fase ainda inicial, buscando-se a compatibilização das interfaces, de forma a atender aos requisitos do edifício preestabelecidos. Estas especificações preliminares não são definitivas e servem de ponto de partida para a realização do Anteprojeto do Revestimento"; ainda segundo esta autora, "as

especificações definidas no Anteprojeto do Revestimento, após serem analisadas criticamente, frente aos outros anteprojetos, e já considerando as informações com relação à produção, são detalhadas definitivamente, no Projeto Executivo".

SABBATINI; SELMO e SILVA (1988) quando tratam dos conceitos sobre projetos, planejamento e controle da execução de revestimentos de argamassa, conceituam que "o projeto de revestimentos corresponde à definição clara e precisa de todos os aspectos relativos aos materiais e técnicas e detalhes construtivos a serem empregados e aos padrões e técnicas de controle de qualidade a serem observados".

Estes autores continuam seu trabalho, afirmando que o projeto dos revestimentos tem basicamente os seguintes objetivos:

- a) definir os tipos de revestimentos a serem executados;
- b) (...)
- c) definir as técnicas a serem utilizadas na execução dos revestimentos;
- d) especificar os padrões de qualidade exigidos para os serviços;
- e) estudar e definir detalhes arquitetônicos e construtivos que afetam o desempenho dos revestimentos, evitando ou diminuindo sua solicitação por agentes potencialmente prejudiciais;
- f) definir a sistemática de controle de qualidade a ser adotada e especificar os requisitos de desempenho a serem atingidos.

Porém, é necessário também, quando da elaboração do projeto de produção da FVPC, a abordagem do planejamento e controle da produção, que englobam entre outros, o projeto do canteiro de obras, a definição da equipe de produção, definição das ferramentas e equipamentos a serem utilizados, plano de controle do volume e da qualidade da produção, prazo e orçamento previsto para a execução dos serviços, além do treinamento das equipes de produção.

BARROS (1996), apresenta uma metodologia para se realizar um projeto para a produção que será aqui exposta resumidamente. Esta autora comenta, que as diretrizes foram por ela propostas para a realização do projeto para produção desde o início do processo de projeto, e que sendo as mesmas genéricas, podem vir a ser aplicadas para a elaboração do projeto para produção de qualquer subsistema ou atividade do edifício, desde que a sua tecnologia de produção esteja completa e adequadamente definida. (grifo introduzido pelo autor)

Para a facilidade da aplicação, esta propõe que o projeto para produção seja realizado em duas partes distintas.

“A primeira parte refere-se à interface do projeto para produção de uma determinada atividade, com as demais disciplinas de projeto”.

Onde são elaborados os detalhes construtivos compatíveis com as características de produção adotada pela empresa, considerando-se o patamar tecnológico desta, bem como, a tecnologia disponível.

A segunda parte diz respeito à *interface do projeto para produção de uma determinada atividade, com a produção propriamente dita*.

Nessa parte, devem ser realizadas as atividades que antecedem a produção propriamente dita.

Segundo a autora, “cada empresa deverá ter as suas diretrizes para o projeto, repassando-as aos projetistas, sejam eles internos ou mesmo externos à empresa.

Essas diretrizes servirão tanto para orientar os projetistas na realização do detalhamento construtivo como para que a empresa proceda ao controle do projeto”.

BARROS afirma que a elaboração do projeto para produção “tem início imediatamente após a finalização dos anteprojetos das demais disciplinas e termina (...) com a compatibilização final dos projetos executivos e para

produção". Para a autora, "esse anteprojeto deve ser realizado considerando-se os demais anteprojetos do edifício e deverá conter os principais detalhes construtivos que subsidiem a produção".

BARROS termina sua explanação, afirmando que a interface do projeto para a produção com a produção, "deve ocorrer durante a realização da obra, antecedendo a atividade a que se refere o projeto. Para a sua elaboração deve-se contar com o "grupo do projeto para produção" e com o gerente da obra (quando este não integrar o grupo).

Essa parte deverá conter: os procedimentos para preparação da execução da atividade no canteiro de obras, ou seja, o planejamento do canteiro (por exemplo, áreas de estoques e maneira de transporte de componentes, área para estoque e preparo de materiais, disposição e tipos de equipamentos utilizados); a preparação da execução propriamente dita, com as características das ferramentas a serem utilizadas; o estabelecimento das frentes de trabalho; e a seqüência de execução".

Assim como os demais projetos de produção, o projeto de revestimentos deve ser elaborado antes do início da obra e interagir com os diversos outros projetos de produção com os quais tem uma interface (estrutura, alvenaria, instalações, impermeabilização, pisos e esquadrias) de forma que haja maior coordenação entre eles.

MEDEIROS (1999), estabelece os agentes que devem participar do processo do projeto de produção de RCF (Revestimento Cerâmico de Fachada) em função da época de início. Tais agentes são mostrados na Tabela 3.1.

SABBATINI, SELMO e SILVA (1988) comentam que "a existência e a utilização plena e correta de projetos construtivos tem se mostrado como a melhor ferramenta para a eliminação de desperdícios, a redução de custos, o controle do processo, a obtenção da qualidade desejada, enfim, para a racionalização

construtiva e para a otimização do desempenho da atividade de construção de edifícios".

i- Estudo da Viabilidade Baseado na Escolha do Material

A escolha do material a ser utilizado deve ser realizada em função das necessidades técnicas e estéticas; definições das linhas gerais e detalhes construtivos da obra; da composição do custo direto e indireto de ambas as opções, levando-se em consideração o custo dos insumos, equipe de apoio, e a facilidade de execução.

São vários os fatores que influenciam diretamente no custo e desempenho final dos sistemas de revestimentos não aderidos, em especial quando nos referimos à FVPC, tais como: o sistema de fixação (visível ou não; fixados à estrutura de suporte ou diretamente ao elemento de vedação através de "insertes solteiros"); a dimensão das placas (quanto menores maior a quantidade de "insertes" e/ou guias metálicas e menor a produtividade); o tipo de metal utilizado (aço inoxidável ou alumínio) e finalmente, a qualidade do material de revestimento escolhido.

Os sistemas de fixação até aqui discutidos são aqueles empregados pelas diversas empresas européias que comercializam a FVPC, ou fachadas ventiladas com placas pétreas; porém, na indústria da construção civil brasileira, verifica-se a substituição dos sistemas tradicionais para fixação de placas pétreas por "insertes solteiros", conforme mostrado na Figura 3.2, que eliminam quase que por completo a subestrutura metálica, mantendo-a apenas onde não há a presença do elemento de vedação vertical interno.

Tal condição diminui em muito o custo do sistema de revestimentos não aderidos; porém, aumenta significativamente a quantidade de fixações diretas ao elemento de vedação, contribuindo conseqüentemente, para a possibilidade da ocorrência

TABELA 3.2: Profissionais que podem estar envolvidos no processo do projeto de RCF em função da época de início (MEDEIROS, 1999).

Início do projeto de RCF na FASE DE CONCEPÇÃO DO EMPREENDIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO PROJETO BÁSICO DE ARQUITETURA	Início do projeto de RCF na FASE DE ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DE ARQUITETURA E/OU PROJETO DE ESTRUTURA
<ul style="list-style-type: none"> • Arquiteto • Especialista em fachada • Projetista de estrutura • Especialista em alvenaria • Especialista em esquadrias • Especialista em impermeabilização • Especialista em telhado • Engenheiro da obra • Coordenador de projeto 	<ul style="list-style-type: none"> • Arquiteto • Especialista em fachada • Projetista de estrutura • Especialista em alvenaria • Especialista em esquadrias • Especialista em impermeabilização • Especialista em telhado • Engenheiro da obra • Coordenador de projeto
Início do projeto de RCF na FASE DE PRODUÇÃO DA ESTRUTURA	Início do projeto de RCF na FASE DE PRODUÇÃO DA ALVENARIA
<ul style="list-style-type: none"> • Arquiteto • Especialista em fachada • Projetista de estrutura • Especialista em alvenaria • Engenheiro da obra 	<ul style="list-style-type: none"> • Arquiteto • Projetista da fachada ou especialista • Projetista da alvenaria ou especialista • Engenheiro da obra • Empreiteiro de revestimento da fachada

de colapso nas fixações, provocando a necessidade de um controle muito mais rigoroso quanto a resistência ao arrancamento dessas peças, além de provocar diminuição significativa da produtividade e facilitar a adoção de “gambiarras”, decorrentes do imprevisto inerente a este processo. A Figura 3.2 ilustra a implantação de “calços” para a correção do desaprumo da obra.

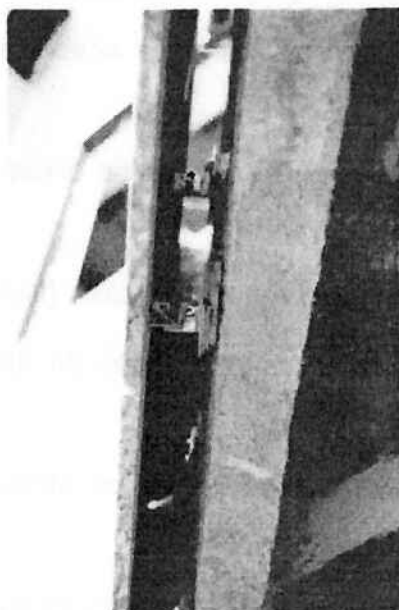


FIGURA 3.2 Detalhe do uso de espaçadores plásticos sob os inserts solteiros para alinhar os painéis

ii- Definições de Projeto

Definidos os materiais que serão utilizados, dá-se início à execução do projeto para a produção da FVPC.

Com o intuito de se resolver os problemas de produção, deve-se levar em consideração as soluções técnicas que serão adotadas na obra, sendo imprescindível para tal, a consideração dos equipamentos existentes e os que deverão ser inseridos no canteiro; o espaço físico disponível para a estocagem,

preparo e montagem dos componentes, as possíveis interferências com as demais frentes de produção e o cronograma da obra.

Para que realmente atenda às necessidades da produção, o projeto da FVPC deve conter:

- a) Condições de início para a execução dos serviços;
- b) Referências, dimensões e características de acabamento das placas de grês porcelanato;
- c) Paginação das placas cerâmicas de modo a se evitar cortes e estabelecer os parâmetros arquitetônicos;
- d) Tipo e dimensionamento da fixação a ser utilizada (visível ou não visível);
- e) Definição da subestrutura metálica em função do tipo de fixação escolhido, cargas, dimensões das placas;
- f) Tipo e dimensões dos chumbadores a serem utilizados para a fixação da subestrutura à vedação da edificação;
- g) Detalhe das pontes de ligações entre chumbadores e subestrutura metálica;
- h) Acabamento superficial do elemento de vedação interno;
- i) Necessidade ou não da implantação de isolante térmico;
- j) Detalhe da interface do sistema com as esquadrias;
- k) Detalhe dos dispositivos localizados nas aberturas de entrada e saída do ar;
- l) Espessura das juntas entre as placas cerâmicas;
- m) Tipo de selante a ser utilizado entre as placas e a subestrutura metálica de suporte;
- n) Distância entre o paramento externo (tardoz das placas) e a vedação interna;
- o) Forma de fixação dos chumbadores e rebites;
- p) As tolerâncias e forma de controle que serão adotadas.

As etapas do cronograma de execução devem ser definidas de acordo com as especificações e com as verificações preliminares.

Portanto, a opção por este tipo de fixação em particular, deve ser analisada não apenas pela diminuição do custo do sistema de fachada como um todo, mas também, pela conseqüente potencial diminuição no desempenho estrutural do sistema.

iii- Projeto do Canteiro de Obras

A NR-18 define o canteiro de obras como sendo "a área de trabalho fixa e temporária, onde se desenvolvem operações de apoio e execução de uma obra"; já a NB 1367/91 é mais específica, definindo o canteiro como o conjunto de "áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção, dividindo-se em áreas operacionais e áreas de vivência".

O projeto do canteiro de obras deve fazer parte integrante do projeto de produção de FVPC. Além dos locais considerados pela NR-18, devem ser considerados, entre outros, o estabelecimento dos locais de armazenagem dos materiais e a forma de transporte da material até o local de sua aplicação, visando promover a movimentação com o menor número de interferências possíveis.

O prévio conhecimento das condições de acesso e a disponibilização de materiais e equipamentos na região onde será instalado o canteiro são condições fundamentais para as definições de projeto.

Sendo este trabalho relativo à elaboração do projeto de produção FVPC, trataremos aqui, apenas dos aspectos do canteiro de obras relacionados diretamente à este processo de produção.

SOUZA; FRANCO; PALIARI e CARRARO (1997), tratam o canteiro como sendo divididos em vários elementos, estando estes ligados à produção; elementos de apoio à produção; sistemas de transporte com decomposição de movimento; sistemas de transporte sem decomposição de movimento; elementos de apoio

técnico administrativo; áreas de vivência; outros elementos e elementos de decomposição externa à obra.

Tratando das diretrizes dos elementos de apoio à produção, os autores recomendam que sejam observados alguns critérios que podem ser adaptados para o caso da execução de FVPC:

a) Central de Pré-montagem de Estrutura Metálica e Acessórios

- Localizar a central em local coberto (para viabilizar trabalho mesmo na chuva);
- Cuidado com interferências com outros fluxos de material;
- Ordem de grandeza de área: 20 m².

b) Estoque de Placas Cerâmicas:

- Próximo ao equipamento para transporte vertical;
- Local fechado, próximo ao acesso de materiais (viabilizar carregamento sob responsabilidade do fornecedor);
- Isolar as caixas de contato com o piso (estrados);
- Pilhas com no máximo 7 caixas de altura;
- A área é função da demanda (ordem de grandeza = 20 m²);

A definição dos equipamentos de transporte vertical e horizontal é de igual importância, para a coordenação das atividades do canteiro, assim como o planejamento para o abastecimento das frentes de serviço, com o objetivo de se evitar ao máximo a interferência do transporte vertical.

c) Definição dos Balancins

A definição dos balancins é outro item crucial para o incremento da produtividade na execução de FVPC. Para este trabalho é imprescindível a utilização de balancins elétricos dotados de espuma de poliuretano frontal (para evitar danos ao

revestimento já executado) para edifícios com mais de cinco pavimentos; edifícios mais baixos podem ser executados com o auxílio de andaime fachadeiro.

iv- Detalhes Construtivos

Os detalhes construtivos têm como objetivo contribuir para o desempenho do revestimento de fachada, promovendo o reforço em pontos críticos, a minimização da influência da água sobre o revestimento, etc; e portanto, devem ser parte integrante do projeto de produção da FVPC. Vários são os detalhes possíveis de serem utilizados, porém, os de maiores complexidade e importância são os relacionados à paginação, instalações e vedações de esquadrias, e fixação dos insertes que serão a seguir comentados.

a) Paginação

Como os demais, este detalhamento de projeto é de fundamental importância para a execução da FVPC.

Além de determinar o padrão estético da obra, a paginação determina o local de inserção da estrutura metálica de suporte, determinando por consequência, a localização dos "insertes", sendo também responsável pela racionalização dos cortes das placas cerâmicas.

b) Fixação das Esquadrias

O projeto para assegurar a estanqueidade da FVPC deve partir do princípio que haverá infiltração de água na câmara ventilada, através das juntas entre as placas. Segundo PARÍCIO (2000), a solução mais conservadora consiste na instalação de lâminas protegendo todos os pontos delicados, revestindo os locais em que a envolvente e a envoltória entrem em contato, em especial o perímetro da esquadria. Normalmente se utiliza para isso de um pré-marco de plástico ou alumínio que fecha todo o perímetro aberto.

Na parte superior das esquadrias é comum a utilização de um rufo do mesmo material, que penetra a vedação vertical estendendo-se até a junta horizontal do

revestimento cerâmico, encaminhando para o exterior da esquadria qualquer possível infiltração que ocorra através do revestimento.

Na parte inferior, a horizontalidade do corte sobre peitoril acarretam uma maior dificuldade. Um cuidado especial deve ser tomado neste ponto, para se promover o escoamento da água para o exterior do revestimento da FVPC.

c) Fixação dos Insertes

O detalhamento dos pontos para a fixação dos insertes deve ocorrer após a execução do reprojeto (que será discutido em no sub item vi). O manual da MARAZZI (1997) fixa uma tolerância de 2mm para esta atividade.

v- Redefinições de Projeto

O projeto de produção de FVPC é um projeto interativo, que depende da presença e atuação do projetista em todas as fases de produção do revestimento.

O projeto executivo do revestimento até aqui tratado, é definido levando-se em consideração, condições ideais de execução dos subsistemas estrutura e alvenaria, porém, a grande complexidade da produção dos edifícios, mesmo quando tomadas medidas com o objetivo da implantação de processos de produção racionalizados, contando portanto, com efetivo controle de execução, acarreta em imperfeições na execução destes subsistemas que devem ser reconsideradas pela elaboração do **reprojeto**, que nada mais é, que o levantamento das condições reais de execução do invólucro da edificação, para então, poder-se tomar a decisão mais adequada para a execução do revestimento, principalmente no que concerne à planicidade e prumo.

Levando-se em consideração que a seqüência de execução da FVPC em um pano de fachada obedece às etapas "a" à "h" relacionadas a seguir, o reprojeto pode ser entendido como a etapa "e".

a) Montagem dos balancins;

- b) Subida dos balancins com as atividades medição da fachada e eliminação de irregularidades;
- c) Colocação dos arames de fachada;
- d) Descida dos balancins com a atividade de mapeamento;
- e) **Reprojeto;**
- f) Subida dos balancins com a atividade desenho da "trama" estrutural sobre o edifício;
- g) Descida dos balancins com a atividade de execução de furos, fixação dos chumbadores, fixação da estrutura suporte e conferência dos eixos;
- h) Subida dos balancins com a atividade de fixação das placas cerâmicas.

vi- Posicionamento dos Arames de Prumo

O posicionamento dos arames de prumo da fachada deve constar de planta com escala e tamanho adequados ao fácil manuseio dos operários. Estes devem ser posicionados de modo a definirem um único plano; devem estar alinhados e obedecerem aos seguintes critérios:

- a) Posiciona-los nos eixos dos locais previstos para a instalação dos perfis verticais;
- b) Os arames devem estar localizados de cada lado das janelas, de modo a definir o prumo e distanciamento dos montantes;
- c) Nas quinas externas e cantos internos devem ser locados dois arames, um em cada face dos cantos, deslocados de 10 à 15cm do eixo dos mesmos.
- d) Deverão ser locados arames nos eixos das juntas estruturais, bem como, para definir outros elementos que devam estar alinhados, tais como revestimentos de laje de sacada, saídas de chaminés de exaustão, interface com outros tipos de revestimentos.

vii- Mapeamento da Fachada

Para a determinação do plano de referência é necessário fazer-se um mapeamento prévio do pano de fachada a ser revestido, de modo a escolher o ponto de menor espessura, que definirá a exata posição do revestimento aprumado.

O mapeamento é feito através da medição das distâncias entre o plano de arames e a superfície do pano de fachada. Os pontos da leitura das distâncias se situam nos cruzamentos de uma malha formada pelo conjunto de arames e por linhas horizontais, materializadas nas vigas e na alvenaria, a meia distância entre as vigas.

O mapeamento é executado por um operário treinado ou por um técnico, utilizando-se do balancim, completando-se o preenchimento da planilha apresentada na Figura 3.3.

Após o levantamento deve-se escolher o ponto (ou pontos) de menor espessura, que definirá(ão) a posição vertical da superfície final.

viii- Readequação do Projeto Devido às Condições Existentes (Reprojeto)

Identificados os pontos críticos (de menor espessura) do pano de fachada, conforme procedimento indicado em viii, parte-se para o reprojeto da FVPC, procedendo-se às seguintes definições:

- a) Cálculo e dimensionamento das peças de fixação que serão utilizados para a fixação da estrutura metálica e parametrização do controle da qualidade;
- b) Reprogramação da produção e do controle de execução;

ix- Controle

Segundo SABBATINI; SELMO e SILVA (1988), os procedimentos de controle de uma obra envolvem várias etapas que se completam ao longo do processo executivo e são realimentados por ele.

Adaptando-se o controle referente à execução de revestimento argamassado, para a execução de FVPC, os procedimentos podem ser agrupados em:

- Controle da qualidade das condições para início da execução dos serviços;
- Controle de qualidade de execução (de produção do serviço);
- Controle de qualidade de aceitação.

PLANILHA DE MAPEAMENTO DE FACHADA

PAVIMENTO/ARAME		A	B	C	D
8	estrutura				
	alvenaria				
7	estrutura				
	alvenaria				
6	estrutura				
	alvenaria				
5	estrutura				
	alvenaria				
4	estrutura				
	alvenaria				
3	estrutura				
	alvenaria				
2	estrutura				
	alvenaria				
1	estrutura				
	alvenaria				

FIGURA 3.3 Planilha de mapeamento de fachada

a) Controle de Qualidade das Condições para o Início dos Serviços:

Este controle refere-se à avaliação da termilidade dos serviços que antecedem a execução dos revestimentos de FVPC. O início dos trabalhos de revestimentos somente poderão ser autorizados após a avaliação e possíveis correções necessárias.

Para a aplicação deste controle deve-se elaborar um "*check list*", com a relação dos itens a serem verificados, bem como, a tolerância para a aceitação e/ou rejeição das não conformidades.

b) Controle de Qualidade de Execução:

Este controle tem por objetivo garantir a conformidade da produção da FVPC com os padrões estabelecidos em projeto, através da verificação contínua do processo de produção do revestimento, podendo-se assim, intervir no processo de modo a corrigir os procedimentos no momento em que ocorram os desvios.

Segundo os autores, esta sistemática de controle permite identificar e evitar a reprodução de técnicas inadequadas e uso incorreto de materiais. Sua adoção pode representar um aperfeiçoamento contínuo da mão-de-obra, uma vez que evita a repetição de práticas indesejáveis, além de estimular o uso de técnicas mais eficientes para a execução do serviço, e ainda obter a catalogação e documentação adequada dos materiais e técnicas empregadas e os resultados obtidos, tornando-se um documento valioso para futuros levantamentos de pesquisa, bem como para o diagnóstico e tratamento de eventuais manifestações patológicas.

Este controle poderá ser efetivado de forma global ou através de amostragem. Confrontando-se as informações obtidas com os padrões estabelecidos, pode-se configurar as seguintes situações:

- O revestimento em execução atende às exigências - deve-se portanto, autorizar o prosseguimento sem alterações ou,
- O revestimento não atende às exigências - neste caso deve-se identificar as razões, antes de proceder às alterações.

A seguir, serão apresentados itens importantes que devem ser verificados no controle de qualidade da FVPC.

a) Preparo da envoltória (vedação vertical):

- necessidade de tratamento superficial diferenciado em regiões não previstas em projeto.

b) Definição do Plano de Revestimento:

- Prumo, esquadro e posicionamento da estrutura metálica;

c) Montagem das Placas Cerâmicas

- Alinhamento e prumo das juntas;
- Planicidade das placas;
- Aderência dos elementos de fixação.

x- Controle de Qualidade de Aceitação:

O controle de qualidade da FVPC, tem por objetivo a verificação da total conformidade do revestimento executado, com as especificações de projeto.

O universo do controle da qualidade de aceitação é todo o serviço a FVPC. Além das funções de receber o serviço e apropriar o que foi produzido, o controle de aceitação pode servir como instrumento fundamental para a avaliação do projeto do revestimento e para o aperfeiçoamento do processo. Normalmente, esta avaliação é possível, com a execução de ensaios por amostragem, que visam avaliar a qualidade das especificações de projeto.

A seguir serão relacionados alguns itens que devem fazer parte do controle de qualidade de aceitação:

- planeza, prumo e nivelamento das superfícies da FVPC;
- esquadro dos diedros e retilinearidade, nivelamento e prumo do eixo dos diedros;
- uniformidade e limpeza da superfície;
- execução de detalhes construtivos: juntas, cortes, pingadeiras, etc.

xi- Dimensionamento da Equipe de Produção

O dimensionamento da equipe de produção é de fundamental importância para o planejamento e cumprimento de metas na execução da FVPC.

O histórico da produtividade da empresa deve ser utilizado para este dimensionamento, sendo imprescindível, a obtenção de valores comparativos de produtividade para a avaliação do desempenho das equipes, possibilitando que medidas de correção sejam tomadas imediatamente quando é notada a baixa de produtividade.

O índice de medida produtividade é a RUP, que é expressa em homens hora por metro quadrado (Hh/m²); quanto maior for o valor desta, menor será a produtividade do serviço em questão.

Em virtude de não possuímos sequer uma obra brasileira executada com FVPC, não se dispõem de um índice de produtividade para tais serviços.

Em visitas realizadas em empresas que constroem fachadas-cortina similares (placa pétrea, alumínio composto e pele de vidro), foi possível se constatar, que nenhuma destas possui dados relativos à produtividade de suas equipes em obra, sendo que o dimensionamento das mesmas se dá de maneira informal, portanto não sistêmica, deixando-se, na maioria das vezes, à cargo de empreiteiro subcontratado. Porém, fica claro, que alguns fatores influenciam diretamente na produtividade, quais sejam:

- a) tipo de fixação: Há maior produtividade na execução de fachadas com fixação visível (estas não exigem a instalação de guias horizontais e seu acoplamento é feito apenas por encaixe);
- b) tipologia da obra: Quanto maior o número de recortes e/ou superfícies curvas, menor a produtividade da equipe de produção;
- c) modulação: Maiores placas dão maior produtividade (inclusive admitindo maiores espaçamentos entre os perfis metálicos);
- d) altura da obra: Quanto menor a altura da obra maior a produtividade;

e) Área líquida por operário: É possível que a disponibilidade de uma área maior por operário por pavimento induza a uma redução da RUP;

xii- Desenho da trama estrutural sobre o edifício;

O desenho da trama estrutural sobre o edifício é a atividade que envolve um conjunto de medidas visando estabelecer o correto posicionamento da estrutura metálica.

Nesta etapa, os arames de prumo devem estar na posição dos eixos previstos para a instalação dos montantes verticais. Com o auxílio de uma trena, mede-se a partir da coordenada estabelecida em projeto, a distância entre eixos (galga) da guia horizontal; transferindo-se então, este ponto para a outra extremidade com o auxílio de uma mangueira de nível. Utilizando a régua de alumínio e um lápis de carpinteiro, risca-se o eixo horizontal. Este procedimento é repetido sucessivamente até se completar o desenho da trama sobre o edifício.

4) ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS DA FACHADA VENTILADA COM OUTROS SISTEMAS DE REVESTIMENTOS NÃO ADERIDOS DE EDIFÍCIOS

4.1) Tipologia de revestimentos de fachadas não aderidas

Um dos fatores de elevada influência para o desempenho das fachadas ventiladas é a correta especificação dos materiais de revestimento (*claddings*) a serem empregados.

As propriedades e características de cada material devem ser consideradas pelo projetista em função dos diversos fatores necessários para que a fachada realmente agregue valor ao produto final (edifício), sendo os mais utilizados atualmente os seguintes:

4.1.1) Fachada com Placas de Alumínio Composto (ACM - Aluminium Composite Material)

Segundo a BOND DO BRASIL (18.12.2000) o ACM é obtido através da laminação do alumínio em duas chapas sob tensão controlada com um núcleo de polietileno de baixa densidade.

A placa é coberta por uma camada de pintura aplicada por rolos eletrostáticos, podendo ser aplicadas camadas com os mais variados acabamentos, indo desde poliéster até PDVF de elevada resistência que consiste em uma pintura de processo contínuo (coil-coated) kynar 500 ou hylar 5.000 baseado em duas resinas de pintura, polivinilideno fluorado (PVDF).

As placas de alumínio composto fabricadas no Brasil podem ser encontradas com espessuras de 3, 4, 5, 6 e 8mm.

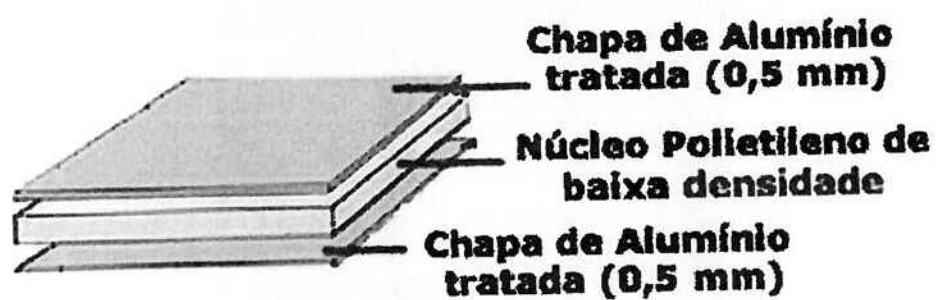


FIGURA 4.1 Aspecto das camadas da chapa de Alumínio Composto. Fonte - Bond do Brasil (18.12.2000).

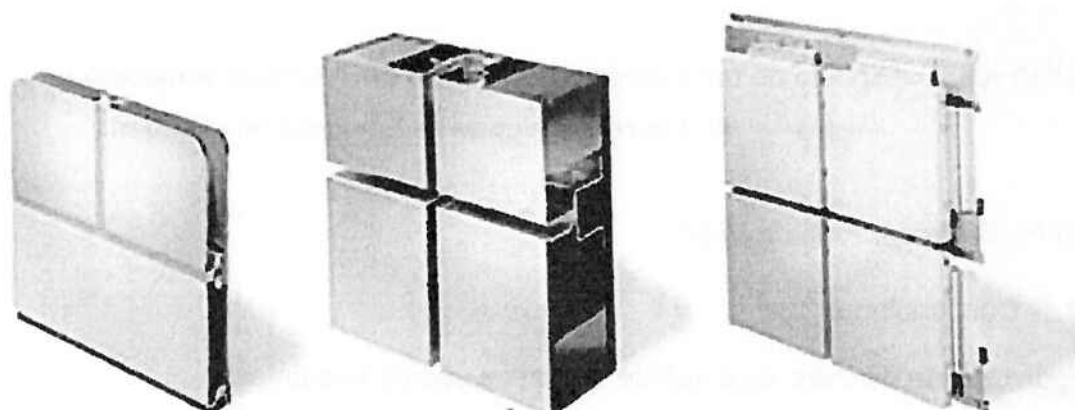


FIGURA 4.2 Aspecto do material acabado - Fonte: Bond do Brasil (18.12.2000).

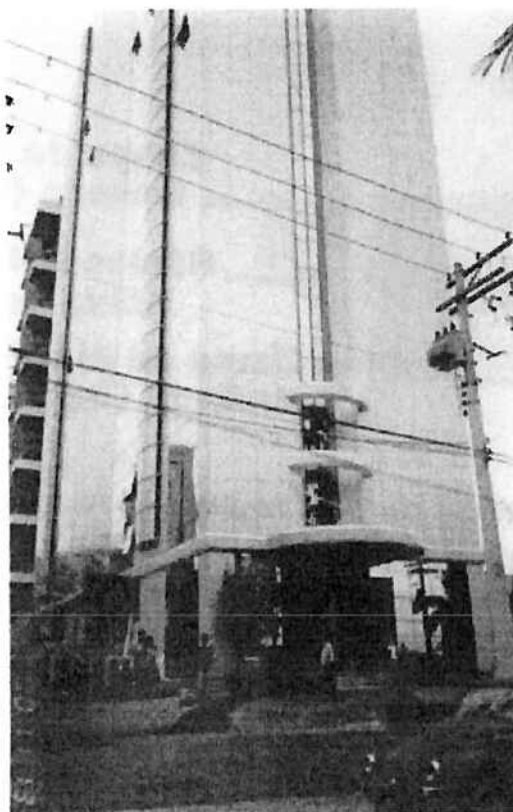


FIGURA 4.3 Aspecto de um edifício com fachada em alumínio composto e vidro - Al. Mamoré - Alphaville Empresarial - Barueri.

4.1.2) Fachada em Pele de Vidro

4.1.2.1) Convencional

Os tipos de pele de vidro comumente utilizados são os seguintes:

Formados por estruturas de alumínio exteriores e, portanto, aparentes (ver Figura 4.4);

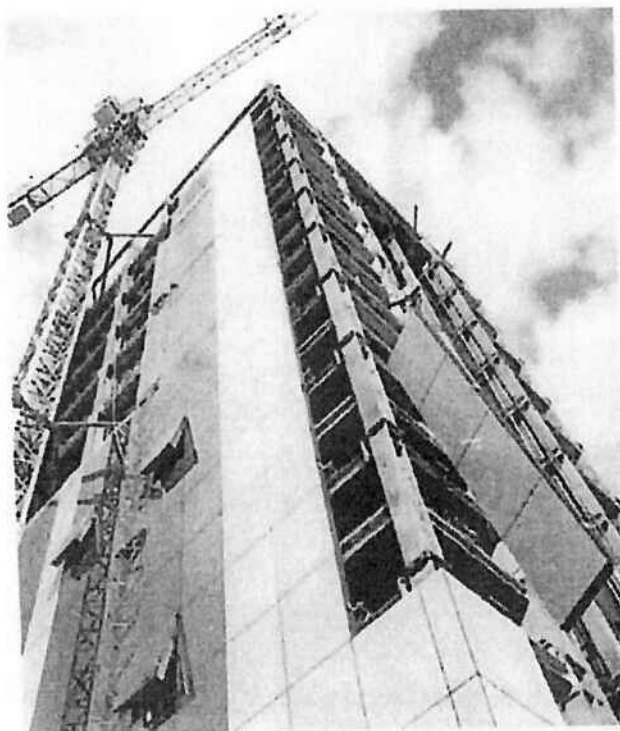


FIGURA 4.4 Edifício com pele de vidro .

4.1.2.2) Com Silicone (*structural glazing*) ou fita adesiva:

Dá o efeito de uma janela contínua, nenhum marco aparece do lado exterior, utiliza-se apenas juntas de silicone ou fita adesiva (ver Figura 4.6);



FIGURA 4.5 Aspecto de edifício em pele de vidro executado com fita adesiva - Alameda Mamoré - Alphaville Empresarial - Barueri

ALUCCI (1998), classifica os vidros utilizados em fechamentos verticais pela construção civil da seguinte forma:

a) Por Tipos Disponíveis no Mercado:

- Vidro Estirado

Não recebem tratamentos especiais (têmpera, laminação ou metalização); são utilizados em pequenos vãos, possuem espessura de 3mm e podem ser coloridos ou incolor.

- Vidro Plano (Float) ou Termo absorventes:

São vidros passíveis de corte, laminação, lapidação, têmpera e metalização; são geralmente utilizados em composições termo-acústicas; possuem espessuras nominais de 4 a 10mm; são coloridos (bronze, verde e cinza) ou incolores.

- Vidro Impresso:

São vidros translúcidos, com espessura de 4 a 10mm; podendo ser submetidos a temperatura e laminação.

b) Pelos Tratamentos dos Vidros:

- Têmpera:

O tratamento consiste no aquecimento e resfriamento brusco do vidro plano ou impresso, com o objetivo de aumentar sua resistência ao impacto de 5 a 6 vezes em relação ao vidro comum. Este vidro não pode ser cortado em obra.

- Laminação

Consiste na conjugação de duas ou mais placas de vidros planos, intercalados por uma película polimérica de polivinil butiral_PVB incolor ou colorida.

- Metalização – Processo para a Produção de Vidros Refletivos

O processo de metalização pode ocorrer por pirólise ou a vácuo por *sputtering*; sendo que a pirólise ocorre durante a produção do vidro e a metalização após, através do bombardeamento com íons metálicos, formando um filme sobre a superfície do vidro.

c) Pelo Tipo de Película Superficial

- Película de Controle Solar

Há ainda a possibilidade da utilização de películas para o controle solar, que são formadas com a seguinte estrutura básica: filme de poliéster + camada de adesivo e liner (plástico protetor do adesivo), sendo suas funções as seguintes:

- Redução/controle do ganho de calor solar;
- Redução da perda de calor radiante no inverno;
- Redução do desbotamento (controle sobre o UV);
- Privacidade;
- Redução do ofuscamento.

Os tipos disponíveis no mercado são: a película transparente; pigmentada não refletiva e a pigmentada refletiva.

- Película de Baixa Emissividade (Low-e)

São películas com depósito de um óxido metálico que destinam-se a reduzir a transferência de calor (infra vermelho longo) para o interior dos ambientes. Esse filme é praticamente invisível, sendo aplicado diretamente sobre uma face do vidro.

Quanto menor a emissividade da película menor quantidade de calor será absorvido e maior será a parcela refletida. Os valores de emissividade situam-se entre 0,04 e 0,35, enquanto que a emissividade do vidro comum é da ordem de 0,9.

Nas fachadas ventiladas, geralmente são utilizados vidros duplos ou triplos, utilizando-se os vidros simples apenas nas marquises.

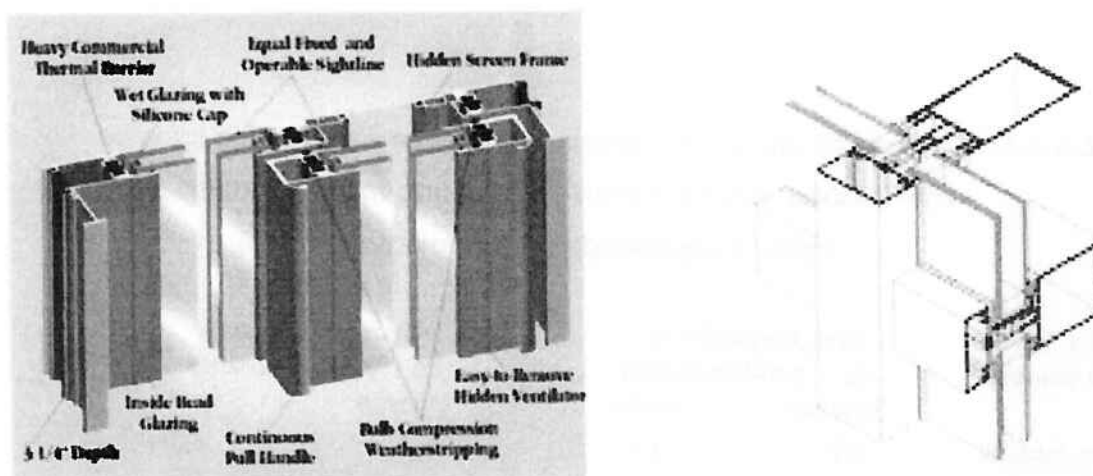


FIGURA 4.6: Esquadrias para fachada ventilada com vidros duplos e triplos

A variação de temperatura no interior da edificação é proporcional à diferença entre as temperaturas do ar exterior e interior à edificação e ao coeficiente global de transmissão de calor da esquadria.

A Tabela 4.1 (elaborada pela TRIKEN) contém os valores do coeficiente para alguns tipos de vidros e janelas, com e sem sombreamento.

4.1.3) Tipos de Fixação de Fachadas não Aderidas

Vários são os tipos de fixação que podem ser utilizados quando da adoção do sistema de fachadas cortina, podendo ser classificados da seguinte forma:

- Quanto ao material empregado: Vários são os materiais que podem ser empregados como forma de fixação das placas à estrutura suporte, sendo os mais utilizados os seguintes:

a) Aço Inoxidável;

b) Alumínio, anodizado ou não.

- Quanto à forma de fixação:

TABELA 4.1: Coeficiente global de transmissão térmica para alguns tipos de envidraçado, dado em $W/m^2 \cdot ^\circ C$ (Quanto menor o coeficiente, maior a capacidade de isolamento térmico).

TIPOS DE VIDRO (Vidros planos)	Sem dispositivos de sombreamento		Com dispositivos de sombreamento	
	inverno	verão	inverno	verão
Simples, incolor	6,2	5,9	4,7	4,6
Duplos, incolores, Com espaço entre Os vidros de				
5mm	3,5	3,7	3,0	3,3
6mm	3,3	3,5	2,7	3,1
13mm	2,8	3,2	2,4	3,0
Triplos, incolores, com espaço entre vidros de:				
6mm	2,2	2,5	1,8	2,3
13mm	1,8	2,2	1,5	2,0

As placas (vidro, alumínio composto, cerâmica, placas pétreas, etc.), podem ser fixadas à estrutura de suporte de diversas maneiras, entre as quais se destacam:

a) Vidro

- Aparafusamento;
- Fixação com a utilização de silicone estrutural;
- Fixação através da utilização de fitas adesivas.

b) Alumínio Composto (ACM)

- Aparafusamento;
- Rebitagem.

c) Cerâmica e Placas Pétreas

- Fixação através de ganchos aparentes;
- Fixação através de parafusos inseridos no tardo da placa;
- Fixação através de insertes implantados em uma fresta executada na superfície da altura (espessura) das placas.

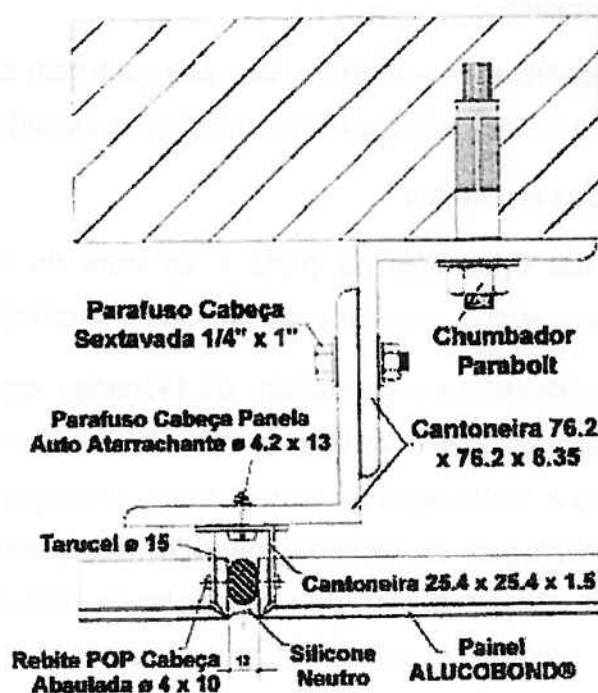


FIGURA 4.7: Detalhe de fixação - Fonte Bond do Brasil (18.12.2000).

4.2) Custos dos Principais Sistemas de Fachadas Executados no País

Para o levantamento dos custos dos principais sistemas de fachada executados no país, analisamos o orçamento de uma empresa construtora, executando fachada com placas de resina acrílica; três empresas beneficiadoras de materiais e montadoras de fachadas (empresas credenciadas pelas indústrias de componentes), destas, uma é especializada em fachadas em ACM, outra em

fachadas com revestimento em placas pétreas e outra é especializada em revestimento em ACM e pele de vidro; procurando assim caracterizar as formas mais comuns da comercialização e aplicação dos diversos tipos de revestimentos não aderidos de fachada.

As razões sociais das empresas foram mantidas em sigilo com o intuito de se preservar a privacidade de cada uma delas, fato este que não invalida os resultados aqui apresentados.

As empresas serão identificadas por letras que não guardam nenhuma relação com seu nome ou com a ordem pela qual este trabalho foi iniciado.

4.2.1) Caracterização das Empresas

Com o intuito de se dar uma idéia do porte e da área de atuação de cada empresa, procuraremos a seguir, mostrar suas principais características:

- Empresa A: Beneficiadora e montadora de fachadas em ACM e pele de vidro, atuante principalmente na Grande São Paulo através do sistema de contratação para a elaboração de projeto para produção, beneficiamento do material e montagem da fachada, inserida no mercado da construção civil desde 1971. Caracteriza-se pela utilização de mão-de-obra própria e sub contratada; atualmente com 20 obras em execução.
- Empresa B: Empresa atuante principalmente na Grande São Paulo como incorporadora, construtora e gerenciadora, inserida no mercado da construção civil desde 1994. Caracteriza-se pela utilização de mão-de-obra terceirizada com faturamento anual não declarado, atualmente com 4 obras em execução, sendo uma com fachada-cortina com placas acrílicas.
- Empresa C: Beneficiadora e Montadora de fachadas em ACM, atuante principalmente na Grande São Paulo através do sistema de contratação para a elaboração de projeto para produção, beneficiamento do material e montagem da fachada, inserida no mercado da construção civil desde

1995. Caracteriza-se pela utilização de mão-de-obra própria para a produção industrial e terceirizada para a montagem da fachada, atualmente com 25 obras em execução.

- Empresa D: Beneficiadora e Montadora de fachadas em placas pétreas, atuante principalmente na Grande São Paulo através do sistema de contratação para a elaboração de projeto para produção, beneficiamento do material e montagem da fachada, inserida no mercado da construção civil desde 1996. Caracteriza-se pela utilização de mão-de-obra terceirizada para a montagem da fachada; atualmente com 5 obras em execução.

4.2.2) Custo dos Principais Sistemas de Revestimento de Fachada

O critério utilizado para a análise do custo de cada sistema foi o valor médio por metro quadrado, procurando-se (quando possível) separar o custo da mão-de-obra do custo dos materiais.

No caso das fachadas em pele de vidro, não levou-se em consideração o valor do revestimento argamassado, que é item fundamental para o aspecto da fachada, com o intuito de se ter parâmetros para a caracterização de cada um dos processos de maneira mais sistêmica.

A fachada com placas pétreas aqui apresentada, foi executada com “insertes solteiros”, ou seja, sem a elaboração de uma estrutura metálica para auxiliar na sua estabilidade (fato este comum nas obras brasileiras deste tipo).

A Tabela 4.1 mostra o custo (em US\$⁷) dos sistemas de fachada-cortina mais executados no Brasil.

⁷ O valor adotado para o dólar foi de R\$ 2,70

TABELA 4.1: Valores médios do m² em US\$ dos principais sistemas de fachada executados no Brasil.

Tipo de Fachada	Empresa	Estrutura (US\$)	Revestimento (US\$)	MDO (US\$)	Valor Total (US\$)
ACM	A	37,77	57,04	23,70	118,51
	C	31,80	45,60	25,70	103,10
Placas de Resina	B	6,62	92,59	34,89	134,10
Pele de Vidro	A	90,74	62,21	38,90	191,85
Placas Pétreas	D	14,06	60,46	10,63	85,15

Deve-se atentar para o fato de que na comparação dos custos nenhuma fachada revestida com placas cerâmicas não aderidas foi incluída devido a não existir no Brasil até o momento, sequer uma obra construída com esse sistema de fachada.

5) ANÁLISE COMPARATIVA DE DESEMPENHO DE OUTRAS TECNOLOGIAS DE REVESTIMENTOS DE FACHADAS DE EDIFÍCIO COM A FACHADA VENTILADA DE PLACAS DE GRÊS PORCELANATO

5.1) Definição dos critérios de desempenho para a análise

Para avaliarmos a viabilidade técnica para a execução de FVPC, devemos a priori estabelecer os critérios que serão utilizados para este fim. Para isto, selecionaremos os principais requisitos para o caso de revestimentos de fachada, dentre os quais se destacam: capacidade de absorver deformações, estanqueidade, resistência à umidade, resistência ao ataque químico, resistência ao ataque biológico, facilidade de execução, prazos de execução, interferência e dependência no cronograma, modularidade, custo de aquisição, custo de manutenção, valorização econômica do produto, confiabilidade e garantia de desempenho, diversidade de fornecedores, fornecimento como sistema de produção, valorização estética, manutenção da aparência com o tempo, cultura local e tradição de uso, confiabilidade, facilidade de limpeza, facilidade de substituição e disponibilidade de componentes para manutenção.

Podemos ainda acrescentar a esta lista as características higrotérmicas dos materiais, isolamento térmico e acústico do edifício; diminuição no consumo de energia para o condicionamento do ar no interior do edifício e diminuição dos efeitos da dilatação térmica no edifício.

Os requisitos de desempenho da FVPC serão avaliados através do processo de *"benchmarking"* entre os diversos outros sistemas de revestimento de fachada, os quais serão resumidamente apresentados a seguir.

5.2) O conceito de *Benchmarking*

Para estabelecer o conceito de *Benchmarking*, SAIDEN e ARAÚJO JR (s.d.) recorrem a MACEDO e PÓVOA FILHO [1994], que afirmam ser “uma das técnicas da qualidade total e pode ser definida como a comparação sistemática de produtos e serviços com aqueles oferecidos pela concorrência ou por empresas consideradas excelentes em algo determinado”.

5.2.1) *Tipos de Benchmarking*

Correspondendo ao nível de aprofundamento na efetivação do processo, mas também, em consequência de diferentes estágios de objetivos organizacionais, o *benchmarking* pode ser classificado segundo três tipos:

- *Benchmarking* Interno;
- *Benchmarking* Funcional ou Genérico;
- *Benchmarking* Competitivo.

O ***Benchmarking* Interno** é executado sobre atividades similares dentro da mesma empresa, quando esta está regionalmente disseminada ou departamentalmente diversificada.

É, portanto, um processo de fácil implementação, visando uniformizar as práticas competitivas da empresa, pelo nível mais elevado. As informações estão acessíveis e são fáceis de recolher e os resultados são, geralmente muito positivos em empresas com níveis excelentes de atividade.

As desvantagens resultam em consequência do âmbito interno, que é claramente limitado, em termos de vantagens comparativas.

O ***Benchmarking* Funcional ou Genérico** é realizado com base em organizações reconhecidas como tendo as melhores práticas competitivas, que não precisam necessariamente atuarem no mesmo nicho de mercado, mas que

possuem produtos, serviços ou processos com elevado grau de qualidade, tornando-se referência organizacional.

Para que haja parâmetros comparáveis, esta prática tem, necessariamente de ser executada atividade a atividade, ou conjunto de atividades a conjunto de atividades.

O ***Benchmarking Competitivo*** é o que será aqui desenvolvido, pois visa a comparação dos produtos, serviços e processos de trabalho, com os seus “concorrentes” diretos.

As vantagens são evidentes, visto que, as informações conseguidas podem ter efeito imediato sobre os resultados, tecnologias aplicadas e em todo o sistema de informação.

O *benchmarking* competitivo é um assunto obrigatório em quase todas as alianças estratégicas entre concorrentes, as quais, como se sabe, têm proliferado baseadas no princípio “competir cooperando”.

Neste trabalho procura-se utilizar a técnica do *benchmarking* como uma forma de se comparar os diversos sistemas de revestimentos de fachada com a FVPC no que diz respeito ao seu desempenho, utilizando-se para tanto, os parâmetros já estabelecidos em 5.1.

5.3) *Benchmarking* entre FVPC e as Diversas Fachadas

A seguir serão realizadas tabelas comparativas dos revestimentos mais utilizados.

5.3.1) FVPC versus Fachada com Placas de Alumínio Composto

TABELA 5.1: Tabela Comparativa entre a FVPC e a Fachada Cortina de Alumínio Composto

Fachada Ventilada de Placas Cerâmicas de Grês Porcelanato	Fachada Cortina de Alumínio Composto
<ul style="list-style-type: none"> • Absorve da base da estrutura através da adequada fixação das placas à estrutura suporte. • Promove boa estanqueidade ao sistema. • Resiste bem a umidade. • Ótima resistência ao ataque químico. • Ótima resistência ao ataque biológico. • Requer uma manipulação prévia das placas de grês porcelanato quando a fixação é não visível; • Execução rápida, não interfere em cronogramas apertados; • Sistema modular; • Alto custo de aquisição; • Baixo custo de manutenção; • Promove a valorização econômica do produto; • Produto confiável, com garantia de desempenho; • Pouca diversidade de fornecedores; • Fornecimento como sistema de produção; • Confere valorização estética ao edifício; • Mantém a aparência com o tempo; • Tradição de uso há milênios; • Fácil de se limpar; • Facilidade de substituição; • Pouca disponibilidade de componentes para a manutenção; • Facilidade de higienização; • Boa característica higrotérmica; • Isolante térmico e acústico; • Diminuição no consumo de energia para o condicionamento do ar no interior do edifício; • Diminuição dos efeitos da dilatação térmica no edifício; • Auxilia no comportamento higrotérmico dos materiais de vedação; 	<ul style="list-style-type: none"> • Alguns sistemas comercializados conseguem absorver as deformações estruturais. • Alguns sistemas promovem a estanqueidade da fachada em condições bastante especiais. • Resiste bem a umidade. • Ótima resistência ao ataque químico. • As juntas (quando fechadas com mástique) estão sujeitas ao ataque de fungos. • Sistema caracterizado pela manipulação prévia das placas; • Execução rápida, não interfere em cronogramas apertados; • Sistema bastante flexível; • Alto custo de aquisição; • Baixo custo de manutenção; • Promove a valorização econômica do produto; • Produto confiável, com garantia de desempenho; • Boa diversidade de fornecedores; • Fornecimento como sistema de produção; • Confere valorização estética ao edifício; • Mantém a aparência com o tempo; • Produto novo (anos 60); • Fácil de se limpar; • Facilidade de substituição; • Boa disponibilidade de componentes para a manutenção; • Facilidade de higienização; • Boa característica higrotérmica; • Capacidade mediana de isolamento térmico; • Não interfere no consumo de energia para o condicionamento do ar no interior do edifício; • Interfere medianamente nos efeitos de dilatação térmica do edifício; • Não auxilia no comportamento higrotérmico dos materiais de vedação;

5.3.2) FVPC versus Fachada de Placas Pétreas

TABELA 5.2: Tabela Comparativa entre a FVPC e a Fachada de Placas Pétreas

Fachada Ventilada de Placas Cerâmicas de Grês Porcelanato

- Absorve as movimentações da base através da adequada fixação das placas à estrutura suporte.
- Promove boa estanqueidade ao sistema.
- Resiste bem a umidade;
- Ótima resistência ao ataque químico.
- Ótima resistência ao ataque biológico.
- Requer uma manipulação prévia das placas de grês porcelanato quando a fixação é não visível;
- Execução rápida, não interfere em cronogramas apertados;
- Sistema modular;
- Alto custo de aquisição;
- Baixo custo de manutenção;
- Promove a valorização econômica do produto;
- Produto confiável, com garantia de desempenho;
- Pouca diversidade de fornecedores;
- Fornecimento como sistema de produção;
- Confere valorização estética ao edifício;
- Mantém a aparência com o tempo;
- Tradição de uso há milênios;
- Fácil de se limpar;
- Facilidade de substituição;
- Pouca disponibilidade de componentes para a manutenção;
- Facilidade de higienização;
- Boa característica higrotérmica;
- Isolante térmico e acústico;
- Diminuição no consumo de energia para o condicionamento do ar no interior do edifício;
- Diminuição dos efeitos da dilatação térmica no edifício;
- Auxilia no comportamento higrotérmico dos materiais de vedação;

Fachada Cortina de Placas Pétreas

- Alguns sistemas comercializados conseguem absorver as deformações estruturais.
- Alguns sistemas promovem a estanqueidade da fachada em condições bastante especiais
- Resiste bem a umidade;
- Ótima resistência ao ataque químico.
- As juntas (quando fechadas com mástique) estão sujeitas ao ataque de fungos.
- Sistema caracterizado pela manipulação prévia das placas;
- Execução rápida, não interfere em cronogramas apertados;
- Sistema bastante flexível;
- Alto custo de aquisição;
- Baixo custo de manutenção;
- Promove a valorização econômica do produto;
- Produto não confiável, sem garantia de desempenho;
- Boa diversidade de fornecedores;
- Não é fornecido como sistema de produção;
- Confere valorização estética ao edifício;
- Não mantém a aparência com o tempo;
- Tradição de uso há milênios;
- Fácil de se limpar;
- Facilidade de substituição;
- Boa disponibilidade de componentes para a manutenção*;
- Facilidade de higienização;
- Razoável característica higrotérmica;
- Capacidade mediana de isolamento térmico*;
- Não interfere no consumo de energia para o condicionamento do ar no interior do edifício;
- Interfere medianamente nos efeitos de dilatação térmica do edifício;
- Não auxilia no comportamento higrotérmico dos materiais de vedação;

5.3.3) FVPC versus Fachada em Pele de Vidro

TABELA 5.3: Tabela Comparativa entre a FVPC e Pele de Vidro

Fachada Ventilada de Placas Cerâmicas de Grês Porcelanato	Pele de Vidro
<ul style="list-style-type: none"> • Absorve as movimentações da base através da adequada fixação das placas à estrutura suporte. • Promove boa estanqueidade ao sistema. • Resiste bem a umidade; • Ótima resistência ao ataque químico. • Ótima resistência ao ataque biológico. • Requer uma manipulação prévia das placas de grês porcelanato quando a fixação é não visível; • Execução rápida, não interfere em cronogramas apertados; • Sistema modular; • Alto custo de aquisição; • Baixo custo de manutenção; • Promove a valorização econômica do produto; • Produto confiável, com garantia de desempenho; • Pouca diversidade de fornecedores; • Fornecimento como sistema de produção; • Confere valorização estética ao edifício; • Mantém a aparência com o tempo; • Tradição de uso há milênios; • Fácil de se limpar; • Facilidade de substituição; • Pouca disponibilidade de componentes para a manutenção; • Facilidade de higienização; • Boa característica higrotérmica; • Isolante térmico e acústico; • Diminuição no consumo de energia para o condicionamento do ar no interior do edifício; • Diminuição dos efeitos da dilatação térmica no edifício; • Auxilia no comportamento higrotérmico dos materiais de vedação; 	<ul style="list-style-type: none"> • Alguns sistemas comercializados conseguem absorver as deformações estruturais. • Promovem a estanqueidade da fachada em condições bastante especiais; • Resiste bem a umidade; • Boa resistência ao ataque químico. • As juntas (quando fechadas com mástique) estão sujeitas ao ataque de fungos. • Sistema caracterizado pela manipulação prévia das placas de vidro; • Execução rápida, não interfere em cronogramas apertados; • Sistema bastante flexível; • Alto custo de aquisição; • Baixo custo de manutenção; • Promove a valorização econômica do produto; • Produto não confiável, sem garantia de desempenho; • Boa diversidade de fornecedores; • Não é fornecido como sistema de produção*; • Confere valorização estética ao edifício; • Mantém a aparência com o tempo; • Sistema novo (anos 80); • Fácil de se limpar; • Facilidade de substituição; • Boa disponibilidade de componentes para a manutenção*; • Facilidade de higienização; • Boa característica higrotérmica; • Péssima capacidade de isolamento térmico; • Aumenta significativamente o consumo de energia para o condicionamento do ar no interior do edifício; • Aumenta os efeitos de dilatação térmica do edifício; • Não auxilia no comportamento higrotérmico dos materiais de vedação;

5.3.4) FVPC versus Fachada-cortina em Placas de Resina Acrílica

TABELA 5.4: Tabela Comparativa entre a FVPC e Fachada-cortina em Placas de Resina Acrílica

Fachada Ventilada de Placas Cerâmicas de Grês Porcelanato	Fachada-cortina em Placas de Resina Acrílica
<ul style="list-style-type: none"> • Absorve as da base através da adequada fixação das placas à estrutura suporte. • Promove boa estanqueidade ao sistema. • Resiste bem a umidade; • Ótima resistência ao ataque químico. • Ótima resistência ao ataque biológico. • Requer uma manipulação prévia das placas de grês porcelanato quando a fixação é não visível; • Execução rápida, não interfere em cronogramas apertados; • Sistema modular; • Alto custo de aquisição; • Baixo custo de manutenção; • Promove a valorização econômica do produto; • Produto confiável, com garantia de desempenho; • Pouca diversidade de fornecedores; • Fornecimento como sistema de produção; • Confere valorização estética ao edifício; • Mantém a aparência com o tempo; • Tradição de uso há milênios; • Fácil de se limpar; • Facilidade de substituição; • Pouca disponibilidade de componentes para a manutenção; • Facilidade de higienização; • Boa característica higrotérmica; • Isolante térmico e acústico; • Diminuição no consumo de energia para o condicionamento do ar no interior do edifício; • Diminuição dos efeitos da dilatação térmica no edifício; • Auxilia no comportamento higrotérmico dos materiais de vedação; 	<ul style="list-style-type: none"> • Absorve as movimentações da base através da adequada fixação das placas à estrutura suporte. • Promovem a estanqueidade da fachada em condições bastante especiais; • Resiste bem a umidade; • Má resistência ao ataque químico. • Produto sujeito ao ataque de fungos. • Requer uma manipulação prévia das placas quando a fixação é não visível; • Execução rápida, não interfere em cronogramas apertados; • Sistema bastante flexível; • Alto custo de aquisição; • Médio custo de manutenção; • Promove a valorização econômica do produto; • Produto não confiável, sem garantia de desempenho; • Pouca diversidade de fornecedores; • Não é fornecido como sistema de produção*; • Confere valorização estética ao edifício; • Não mantém a aparência com o tempo; • Sistema novo; • Fácil de se limpar; • Facilidade de substituição; • Pouca disponibilidade de componentes para a manutenção; • Facilidade de higienização; • Boa característica higrotérmica; • Mediana capacidade de isolamento térmico; • Não interfere no consumo de energia para o condicionamento do ar no interior do edifício; • Interfere medianamente nos efeitos de dilatação térmica do edifício • Não auxilia no comportamento higrotérmico dos materiais de vedação;

5.3.5) FVPC versus Fachada com Placas Cerâmicas Aderidas

TABELA 5.5: Tabela Comparativa entre a FVPC e Fachada com Placas Cerâmicas Aderidas

Fachada Ventilada de Placas Cerâmicas de Grês Porcelanato	Fachada com Placas Cerâmicas Aderidas
<ul style="list-style-type: none"> • Absorve as movimentações da base através da adequada fixação das placas à estrutura suporte. • Promove boa estanqueidade ao sistema. • Resiste bem a umidade; • Ótima resistência ao ataque químico. • Ótima resistência ao ataque biológico. • Requer uma manipulação prévia das placas de grês porcelanato quando a fixação é não visível; • Execução rápida, não interfere em cronogramas apertados; • Sistema modular; • Alto custo de aquisição; • Baixo custo de manutenção; • Promove a valorização econômica do produto; • Produto confiável, com garantia de desempenho; • Pouca diversidade de fornecedores; • Fornecimento como sistema de produção; • Confere valorização estética ao edifício; • Mantém a aparência com o tempo; • Tradição de uso há milênios; • Fácil de se limpar; • Facilidade de substituição; • Pouca disponibilidade de componentes para a manutenção; • Facilidade de higienização; • Boa característica higrotérmica; • Isolante térmico e acústico; • Diminuição no consumo de energia para o condicionamento do ar no interior do edifício; • Diminuição dos efeitos da dilatação térmica no edifício; • Auxilia no comportamento higrotérmico dos materiais de vedação; 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade em absorver as movimentações base; • Promovem a estanqueidade da fachada em condições bastante especiais; • Resiste razoavelmente a umidade; • Ótima resistência ao ataque químico; • Juntas sujeitas ao ataque de fungos; • Não requer uma manipulação prévia das placas; • Execução lenta, interfere em cronogramas apertados; • Sistema bastante flexível; • Baixo custo de aquisição; • Alto custo de manutenção; • Promove a valorização econômica do produto; • Produto não confiável, sem garantia de desempenho; • Grande diversidade de fornecedores; • Não é fornecido como sistema de produção*; • Confere valorização estética ao edifício; • Mantém a aparência com o tempo; • Tradição de uso há milênios; • Fácil de se limpar; • Facilidade de substituição; • Grande disponibilidade de componentes para a manutenção; • Facilidade de higienização; • Boa característica higrotérmica; • Mediana capacidade de isolamento térmico; • Não interfere no consumo de energia para o condicionamento do ar no interior do edifício; • Interfere nos efeitos de dilatação térmica do edifício; • Não auxilia no comportamento higrotérmico dos materiais de vedação;

5.4) Resumo do *Benchmarking* Entre os Tipos de Revestimentos

Para melhor visualização e aglutinação dos resultados comparativos obtidos pelo processo comparativo entre os diversos tipos de revestimentos, utilizaremos um método bastante eficiente denominado *matriz de decisão*.

Este método consiste basicamente na elaboração de uma matriz "Tipos de Revestimentos *versus* Critérios para a Seleção", onde são atribuídos pesos relativos aos diversos critérios de seleção (estabelecidos em função de sua importância para determinada utilização) para a tomada de decisão que devem somar 100 pontos.

Para cada tipo de revestimentos são lançadas notas referentes a cada critério (que devem exprimir, qualitativamente, o desempenho do revestimento frente ao critério em questão), que multiplicadas pelo peso relativo a ele atribuído transformam-se em pontos. A nota ponderada, resultado da média ponderada da somatória destes pontos (atingindo um máximo de 10) é quem exprime, em nosso caso, qual é o revestimento mais adequado para a utilização pretendida.

O emprego correto da matriz de decisão é de grande auxílio para a escolha de determinado processo construtivo, embora este método possa ser criticado em virtude de ser subjetiva a atribuição de pontos para os diversos "critérios para a seleção", no entanto, é um método que deve ser utilizado com frequência pelo meio técnico para a definição e escolha dos diversos processos pelo fato de fornecer ao usuário uma escolha baseada numa visão mais sistêmica da problemática como um todo.

A matriz de decisão para a definição dos tipos de revestimentos mais adequados à execução de fachadas não aderidas, baseadas nas conclusões obtidas durante toda a elaboração deste trabalho e particularmente relacionada aos itens 5.3.1 ao 5.3.5 pode ser observada na Figura 5.6.

TABELA 5.6: Seleção dos Revestimentos de Fachada – Matriz de Decisão

CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO	PONDERAÇÃO(PÊSO RELATIVO)	FVPC		PELE DE VIDRO		ALUMÍNIO COMPOSITO		PLACAS PÉTREAS		PLACAS DE RESINA ACRÍLICA		CERÂMICA ADERIDA	
		nota	pontos	nota	pontos	nota	pontos	nota	pontos	nota	pontos	nota	pontos
CAPACIDADE DE ABSORVER DEFORMAÇÕES DA BASE	7	10	70	10	70	10	70	8	56	10	70	4	28
ESTANQUEIDADE	4	5	20	10	40	10	40	10	40	8	32	7	28
RESISTÊNCIA À UMIDADE	6	10	60	10	60	10	60	8	48	10	60	10	60
RESISTÊNCIA A AGENTES QUÍMICOS	4	10	40	8	32	8	32	7	28	7	28	8	32
RESISTÊNCIA A AGENTES BIOLÓGICOS	5	10	50	7	35	7	35	7	35	3	15	7	35
MANIPULAÇÃO PRÉVIA DAS PLACAS	1	8	8	5	5	3	3	7	7	8	8	10	10
INTERFERÊNCIA E DEPENDÊNCIA NO CRONOGRAMA	4	8	32	8	32	8	32	8	32	8	32	3	12
MODULARIDADE	3	7	21	8	24	10	30	7	21	10	30	9	27
CUSTOS DE AQUISIÇÃO	4	5*	20	4	16	5	20	8	32	3	12	10	40
CUSTO DE MANUTENÇÃO	4	9	36	8	32	8	32	9	36	4	16	5	20
VALORIZAÇÃO ECONÔMICA DO PRODUTO	5	9	45	10	50	9	45	9	45	9	45	9	45
CONFIABILIDADE E GARANTIA DE DESEMPENHO	7	10	70	5	35	10	70	5	35	5	35	5	35
DIVERSIDADE DE FORNECEDORES	2	3	6	10	20	8	16	10	20	3	6	10	20
FORNECIMENTO COMO SISTEMA	7	10	70	5	35	10	70	5	35	5	35	0	0
VALORIZAÇÃO ESTÉTICA	5	9	45	10	50	9	45	10	50	9	45	9	45
MANUTENÇÃO DA APARÊNCIA COM O TEMPO	5	10	50	10	50	10	50	7	35	5	25	9	45
CULTURA LOCAL E TRADIÇÃO DE USO	0	10	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FACILIDADE DE LIMPEZA	4	9	36	10	40	9	36	8	32	9	36	9	36
FACILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO	4	9	36	8	36	9	36	10	40	8	32	9	36
DISPONIBILIDADE DE COMPONENTES P/ MANUTENÇÃO	2	5	10	10	20	8	16	10	20	3	6	10	20
FACILIDADE DE HIGIENIZAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CARACTERÍSTICAS HIGROTÉRMICAS	4	10	40	10	40	10	40	8	32	10	40	8	32
ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO	4	9	36	2	8	7	28	7	28	7	28	7	28
DIMINUIÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA	3	9	27	2	6	7	21	7	21	7	21	7	21
DIMINUIÇÃO DOS EFEITOS DE DILATAÇÃO TÉRMICA DO EDIFÍCIO	4	9	36	2	8	7	28	7	28	7	28	7	28
AUXÍLIO NO COMPORTAMENTO HIGROTÉRMICO DOS MAT. VEDAÇÃO	2	9	18	2	4	7	14	7	14	7	14	7	14
TOTAL DE PONTOS	100		882		748		868		770		699		697
NOTA PONDERADA DO REVESTIMENTO			10,0		8,5		9,9		8,7		7,9		7,9

6) CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA

Para podermos avaliar o estudo da viabilidade técnico-econômica sobre a implantação de FVPC na Indústria da Construção Civil Brasileira, devemos levar em consideração além dos fatores até aqui analisados a estratégia competitiva da Indústria Cerâmica Nacional.

Devido ao aspecto restrito deste trabalho, porém, pela importância do tema para as conclusões sobre a viabilidade técnico-econômica para a implantação de FVPC, trataremos de forma bastante resumida os conceitos relativos a ***estratégia competitiva e critérios competitivos***.

6.1) Estratégias Competitivas

Para BARROS (1996), "em um país marcado por incertezas, descontinuidade de ações governamentais e, por consequência, pela impossibilidade de se realizar um planejamento de longo prazo para investimento (...), as ações visando a eficiência e a competitividade das empresas passam a ser essenciais para a sua sobrevivência no mercado".

Segundo esta autora, a presença de algumas características estratégicas são essenciais para conferir modernização a empresa, destacando-se:

- adoção de uma nova postura em relação ao mercado e ao cliente;
- busca da flexibilidade da produção e de novas soluções organizacionais;
- maior inter-relação das atividades de produção, manutenção, serviços e fornecedores; e
- novo relacionamento entre os agentes do processo de produção, com as adoções de sistemas participativos.

BARROS NETO (1999) destaca que os critérios competitivos adotados pela empresa definem o conteúdo de sua estratégia de produção, ou seja, após estabelecidas as **estratégias competitivas** de acordo com o mercado em que atuam, “parte-se para a determinação dos critérios competitivos que devem ser priorizados pela função produção de acordo com os aspectos estratégicos definidos na estratégia competitiva. Por fim chega-se à fase da tomada de decisão, na qual se busca definir como esta função dará suporte aos critérios competitivos, priorizados através de um conjunto coerente de decisões”.

Este autor continua seu trabalho de tese definindo os critérios competitivos como sendo “um conjunto consciente de prioridades que a empresa tem de valorizar para competir no mercado. Ou seja, em função das competências internas da empresa, do tipo de mercado em que ela atuar, do grau de concorrência deste mercado e do tipo de produto que ela produz, a empresa terá de priorizar alguns critérios competitivos, aproveitando, de tal forma, os seus recursos, capacidades e oportunidades de mercado com o intuito de se tornar competitiva (...). Desta forma, a distinção entre as estratégias de produção adotadas por diferentes empresas reside no peso que se atribui a cada um dos critérios competitivos e na forma como eles são buscados no dia-a-dia do setor de produção”.

É interessante notar, a necessidade de se priorizar os critérios competitivos, visto que a empresa não conseguirá ter o melhor desempenho em todos os critérios simultaneamente, visto que, algumas escolhas têm reflexos negativos sobre as outras.

Desta forma observa-se, que a estratégia para a implantação de um novo produto no mercado depende, dos critérios competitivos adotados pela empresa, e que, a relação entre os negócios e os critérios competitivos representam as escolhas estratégicas da produção.

A seguir, relacionaremos resumidamente os critérios utilizando-se para isso, o trabalho de BARROS NETO (1999).

- **Custo**

Para que a empresa procure competir utilizando este critério, é necessário que procure reduzir seus custos ao máximo, buscando desta forma, a prática dos menores preços.

A busca por menores preços é baseada em três conceitos clássicos: a economia de escala, a curva de experiência e a produtividade.

- **Desempenho na Entrega**

Pode-se dividir o desempenho na entrega em velocidade de produção (ou entrega) e confiabilidade de entrega, este critério, baseia-se, então, na valorização do tempo; portanto, a essência da competição baseada no tempo envolve a compressão do tempo em cada fase da materialização do produto, que vai desde a concepção até a sua entrega ao cliente, incluindo-se neste tempo os prazos para a elaboração de consultas, projetos, produção, compra de materiais, contratação de mão-de-obra entre outros.

- **Flexibilidade**

A valorização da personalização e da variedade de produtos, a diminuição do ciclo de vida do produto, o rápido desenvolvimento em tecnologia e o aumento da turbulência dos mercados, faz com que a flexibilidade seja o critério cuja valorização é a que mais cresce nos últimos anos. A valorização da flexibilidade é fator imprescindível e que, portanto, a função produção deve estar preparada para

dar suporte às mudanças que surgirem a partir da estratégia competitiva das empresas.

- **Qualidade**

Este critério é diretamente ligado ao fornecimento de produtos, desse modo, atendendo às necessidades explícitas e implícitas de utilização requeridas pelos clientes, mesmo que para isso seja necessário pagar um preço acima do padrão de mercado.

- **Inovação**

Pode-se entender inovação, como sendo a capacidade que a empresa possui de implementar novas idéias, grandes ou pequenas, com um potencial de contribuição para a melhoria de seus objetivos competitivos. Essas diferenciações podem estar contidas no produto (grês porcelanato) ou nos processos (fachada ventilada de grês porcelanato). Esta valorização na inovação como critério competitivo, na construção de edifícios, é uma tendência, visto que, a personalização dos produtos está sendo levada ao extremo e a introdução de inovações está ocorrendo cada vez mais rápida em outras indústrias.

6.2) Conclusões

A grande maioria dos edifícios comerciais de alto padrão são construídos atualmente com alguma das inúmeras opções de revestimentos não aderidos existentes no mercado.

Alguns sistemas oferecem vantagens sobre outros, como é o caso das fachadas-cortina em ACM, que por serem comercializada na forma de sistema de produção, isto é, fachada pronta com garantia de desempenho, situam-se num grau de organização superior aos demais sistemas, porém, todas as tipologias de fachadas-cortina têm seu espaço na construção civil brasileira.

Até mesmo sistemas inadequados para o uso em climas tropicais (como é o caso da pele de vidro), são projetados e construídos sem que se tenha sequer a

preocupação com a orientação geográfica da fachada. Verifica-se que nas obras brasileiras os grandes problemas enfrentados pelo cliente final estão intimamente ligados à questões relativas a conforto térmico e ao aumento no consumo de energia para condicionamento de ar.

O sistema de fachada-cortina com placas pétreas parece ser o que incorpora um menor grau de industrialização e confiança quanto a estabilidade. Tal fato pode ser explicado pela forma como esse sistema comumente é comercializado. Na maioria das vezes as placas são adquiridas em marmorarias, contratando-se “consultores em fixação” que tratam do projeto e montagem da fachada. Ocorre que muitas dessas consultorias são realizadas por pessoas sem a devida formação técnica que trabalham calcadas tão somente nas suas “experiências” anteriores.

Já as fachadas-cortina com placas de resina acrílica podem ser consideradas uma “novidade” na construção civil brasileira, porém, sua composição orgânica sem dúvida deve influenciar na sua vida útil, além da dificuldade na manutenção das cores mais escuras.

Pelo exposto no decorrer de todo este trabalho, principalmente quando da caracterização dos preços e do *benchmarking* dos diversos sistemas, não resta dúvidas que a FVPC é viável técnica e economicamente (quando mantidas a um patamar de preço compatível com os sistemas similares) em virtude de suas características intrínsecas, quais sejam:

- É simples;
- Quando comercializada como sistema de produção oferece garantia de desempenho e durabilidade;
- É independente da estrutura e vedação;
- O mercado nacional é comprador (potencial);
- Contribui com o desempenho higrotérmico do edifício como um todo.

Porém, fica claro também que o sucesso da FVPC está intimamente ligado a um programa de desenvolvimento tecnológico e ao estabelecimento de uma estratégia competitiva por parte da Indústria Cerâmica Nacional.

O desenvolvimento tecnológico visa a concepção do sistema de produção como um todo, preocupando-se desde o desenvolvimento de formas de fixação, procedimentos, projeto para produção, treinamento de pessoal e o processo de produção propriamente dito.

A estratégia competitiva é a responsável pelo direcionamento que a Indústria Cerâmica Nacional dará à forma de comercialização deste produto.

De qualquer forma, fica evidente que o sistema de FVPC não tarda a ser implantado na Indústria da Construção Civil Brasileira.

BIBLIOGRAFIA

1. ALCOA - **Como Obter um Real Desempenho de Caixilhos em Edificações.** (s.d.)
2. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Development, Use, and Performance of Exterior Insulation and Finish Systems (EIFS) . ASTM STP 1187.** Philadelphia, 1995 - U.S.A.
3. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Method for Determining Rate of Air Leakage Through Exterior Windows, Curtain Walls, and Doors Under Specified Pressure Differences Across the Specimen, ASTM E 283-91.** Philadelphia, 1991 - U.S.A.
4. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Windows, Curtain Walls, and Doors by Uniform Static Air Pressure Difference, ASTM E 331-96.** Philadelphia, 1996 - U.S.A.
5. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Method for Structural Performance of Exterior Windows, Curtain Walls, and Doors by Uniform Static Air Pressure Difference, ASTM E 330-97.** Philadelphia, 1997 - U.S.A.
6. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Windows, Curtain Walls, and Doors by Cyclic Static Air Pressure Difference, ASTM E 547-96.** Philadelphia, 1996 - U.S.A.
7. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Windows, Curtain Walls, and**

Doors by Uniform or Cyclic Static Air Pressure Difference, ASTM E 1105-96. Philadelphia, 1996 - U.S.A.

8. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Method for Structural Performance of Exterior Windows, Curtain Walls, and Doors by Cyclic Static Air Pressure Difference, ASTM E 1233-97.** Philadelphia, 1997 - U.S.A.
9. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Method for Performance of Exterior Windows, Curtain Walls, Doors and Storm Shutters Impacted by Missile (s) and Exposed to Cyclic Pressure Differentials, ASTM E 1886-97.** Philadelphia, 1997 - U.S.A.
10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **Caixilho para edificação - janela, fachada-cortina e porta externa - Verificação da penetração de ar - Método de ensaio.** NBR 6485. Rio de Janeiro, 2000
11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **Caixilho para edificação de uso residencial e comercial - janela, fachada-cortina e porta externa - Verificação da estanqueidade a água - Método de Ensaio.** NBR 6486. Rio de Janeiro 2000.
12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **Caixilho para edificação - janela, fachada-cortina e porta externa - Verificação do comportamento quando submetido a cargas uniformemente distribuídas - Método de ensaio.** NBR 6487. Rio de Janeiro, 2000.
13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **Caixilho para edificação - janela.** NBR 10821. Rio de Janeiro, 2000.
14. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **Caixilho para edificação - janela - medição da atenuação acústica - Método de ensaio.** NBR 10829. Rio de Janeiro, 1989.

15. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **Caixilho para edificação - janela - Terminologia**. NBR 10820. Rio de Janeiro, 1989.
16. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **Caixilho para edificação - Acústica dos edifícios - Terminologia**. NBR 10830. Rio de Janeiro, 1989.
17. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **Forças devidas ao vento em edificações - Procedimentos**. NBR 6123. Rio de Janeiro, 1988.
18. BARING, J.G.A. **O desempenho acústico das vedações verticais em edifícios**. São Paulo, 1998. Trabalho apresentado no Seminário de tecnologia e gestão na produção de edifícios - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
19. BARROS, M.M.S.B de **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. São Paulo, 1996. *Fís* 422p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
20. BARROS NETO, J.de P. **Proposta de Modelo de Formulação de Estratégias de Produção para Pequenas Empresas de Construção Civil**. Porto Alegre, 1999. Tese (Doutorado). Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
21. CHICHIERCHIO, L.C. **"Conforto Ambiental: Desempenho Térmico e Acústico e Proteção Contra Fogo"** - Manual Técnico de Alvenaria - Projeto/PW - 1990 - São Paulo.
22. CHICHIERCHIO, L.C. **Desempenho térmico das edificações**. São Paulo, 1981. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

23. **CTE - Centro de Tecnologia de Edificações.** Sistema de Gestão da Qualidade para Empresas Construtoras. São Paulo, CTE/Sinduscon-SP/Sebrae-SP, 1994.
24. **DEUTSCHES INSTITUT FUR NORMUNG DIN 18516-1 - Cladding for externals walls, ventilated at rear - Part 1: Requirements, principles of testing.** Germany, 1999.
25. **DEUTSCHES INSTITUT FUR NORMUNG DIN 4108 - 1 - Thermal insulation in buildings; quantities and units.** Germany, 1981.
26. **DEUTSCHES INSTITUT FUR NORMUNG DIN 4108 - Beiblatt 1- Thermal insulation in buildings; indexes, list of subjects.** Germany, 1982.
27. **DEUTSCHES INSTITUT FUR NORMUNG DIN 4108 - Beiblatt 2 -Thermal insulation and energy economy in buildings - Thermal bridges - Exemples for planning and performance.** Germany, 1998.
28. **DEUTSCHES INSTITUT FUR NORMUNG DIN 4108-2 - Thermal insulation and energy economy in buildings - Part 2; Minimum requirements to thermal insulation.** Germany, 1999.
29. **EIRAS, C.Q. Cerramientos Pesados.** Barcelona, 1995. Tectónica Cerramientos Pesados: Aplacados y Panales – Envolvertes (II).
30. **MACIEL, L.L. O projeto e a tecnologia construtiva na produção dos revestimentos de argamassa de fachada.** São Paulo, 1997. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
31. **MARAZZI TECNICA ENGINEERING - "PARETE VENTILATA" - 1997 - Italy.**

32. MEDEIROS, J.S. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. São Paulo, 1999. 458p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
33. MELHADO, S.B.; **Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios: Aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. São Paulo, 1994. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
34. MENEGAZZO, A.P.M.; - **Estudo da Correlação entre Microestrutura e Propriedades Finais de Revestimentos Cerâmicos do Tipo Grés Porcelanato**. Qualificação (Doutorado). Comissão Nacional de Energia Nuclear - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, Agosto de 2000.
35. MINISTÉRIO DO TRABALHO. NR 18 - **Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção**. Brasília, 1995.
36. PARÍCIO, I. **La Fachada de Ladrillo**. Bardelona, 2000. Editora Bisagra.
37. PATÓN, V. **El Nacimiento de Uma Técnica**. Barcelona, 1995. Tectónica Cerramientos Pesados: Aplacados y Panales – Envolvertes (II).
38. PRATT, A.W.; **Heat Transmission in buildings**. New York, 1981.
39. ROUSSEAU, M.Z. **Facts and Fictions of Rain-Screen Walls**. Canada, 1990. Originally published in "Construction Canada" 32(2).
40. SABBATINI, F.H.; SELMO, S.M.S.; SILVA, M.M.A.; **Conceitos básicos sobre a execução de revestimentos argamassados**. Projeto EPUSP/ENCOL-01. 1988.

41. SELMO, S.M.S. **Dosagem de argamassas de cimento portland e cal para revestimento externo de fachada dos edifícios.** São Paulo, 1989. 206p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
42. SUAIDEN, E.J.; ARAÚJO JR, R.H. **Biblioteca Pública e a Excelência nos Produtos e Serviços: a técnica do Benchmarking.** Brasília, s.d. Universidade Federal de Brasília.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALUCCI, M.P. **"FACHADAS TRANSPARENTES: DO CONFORTO AO CONSUMO DE ENERGIA"**. São Paulo, 1999. Artigo de Periódico - Revista Técnica n. 40.
2. BARROS NETO, J.P. **Proposta de Modelo de Formulação de Estratégias de Produção Para Pequenas Empresas de Construção Habitacional**. Porto Alegre, 1999. Tese (Doutorado) - Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
3. BATISTA, H.D. **Revestimento de fachadas: questões térmicas, acústicas e outros assuntos**. São Paulo, 2000. Artigo de periódico. Rev. Contramarco, n. 10.
4. CCB - Centro Cerâmico do Brasil - **Boletim da Qualidade** - São Paulo - Agosto de 2000.
5. CE Article & Questions - **Finishing Outside Walls With Ceramic Tiles** - 1999.
6. CTE - **Centro de Tecnologia de Edificações**.
7. KISS, P.; **Pulmões Prediais**. São Paulo, 1999. Artigo de Periódico - Revista Técnica n. 39.
8. PICCHI, F.A.; AGOPYAN, V. **Sistemas de Qualidade na Construção de Edifícios** - Boletim Técnico da EPUSP. São Paulo 1993.
9. PINTO, A.T.S. **Análise das características de comportamento térmico de edifícios com fachada-cortina. Aplicação à região de Lisboa**. Lisboa, 1999. LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil. E-mail lnec@lnec.pt.

10. REIS, P.F. **Análise dos impactos de sistemas de gestão da qualidade nos processos de produção de pequenas e médias empresas de construção de edifícios.** São Paulo, 1998. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
11. SPINA, A.M. **Artigo do Jornal da Normatização - Revista Qualidade na Construção - 1998 - São Paulo.**
12. TRIKEN S.A. **Esquadrias de PVC - Tecnologia, Especificação, Projetos, Resistência, Durabilidade.** 2000 - São Paulo.
13. SOUZA, U.E.L.; Franco, L.S.; Paliari, J.C.; Carraro, F.; **Recomendações Gerais quanto à Localização e Tamanho dos Elementos do Canteiro de Obras.** São Paulo, 1997. Boletim Técnico. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
14. SOUZA, U.E.L.; **Cartilha da Produtividade da Mão-de-Obra na Construção Civil: Revestimentos com Argamassa, Placas Cerâmicas e Pintura.** São Paulo, 2001. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
15. Web site Bond do Brasil - www.bonddobrasil.com.br Consultado em (18.12.2000).