

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA – DEPARTAMENTO DE CONSTRUÇÃO CIVIL

**SOLUÇÕES DE FACHADAS DUPLAS VENTILADAS
PARA REVESTIMENTO EXTERNO DE EDIFÍCIOS**

Erika Tinoco Guimarães

Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Título de Engenheiro.

Orientadora: Elaine Garrido Vazquez

AGOSTO DE 2013

SOLUÇÕES DE FACHADAS DUPLAS VENTILADAS PARA REVESTIMENTO EXTERNO DE EDIFÍCIOS

Erika Tinoco Guimarães

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Examinada por:

Elaine Garrido Vazquez.

Prof^a. Adjunta, POLI/UFRJ (orientadora)

Eduardo Linhares Qualharini

Prof^o. Associado, D.SC, POLI/UFRJ.

Luis Otávio Cocito de Araújo

Prof^a. Associado, D.SC, POLI/UFRJ.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL.

AGOSTO DE 2013.

Guimarães, Erika Tinoco

Soluções de Fachadas Duplas Ventiladas / Erika Tinoco Guimarães – Rio de Janeiro: POLI/UFRJ, 2013.

XIV, 102 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Elaine Garrido Vazquez

Monografia (Graduação) – POLI/ UFRJ/ Curso de Graduação em Engenharia Civil, 2013.

Referencias Bibliográficas: p. 88-89.

1. Introdução, 2. Caracterização das Soluções de Fachadas Duplas Ventiladas, 3. Princípios de Funcionamento e Exigências Normativas de Desempenho, 4. Estudo Prático: Aplicação de Fachada Dupla Ventilada. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Curso de Graduação em Engenharia Civil. Título.

Dedicado em memória de minha avó e madrinha
Maria De Lourdes Montanheiro Tinoco (1921 - 2013)

Agradecimentos

A professora Elaine Vazquez, orientadora deste projeto final, sem a qual o mesmo não teria sido concluído. Agradeço em especial a atenção dedicada a mim e aos demais alunos do curso de Engenharia Civil e toda a forma de ajuda oferecida ao longo de quase seis anos na Escola Politécnica.

Ao meu namorado Manuel Filipe Martins de Castro pela paciência, apoio e carinho incondicionais, mesmo à distância. Obrigada por tornar a minha vida mais completa.

Ao amigo Thiago Thomé, pelos incentivos fundamentais nos momentos certos.

Aos amigos de faculdade pela amizade, compreensão e aflições compartilhadas ao longo de todos estes anos, em especial Anália Torres, Lais do Prado, Thais Viégas, João Gabriel Lássio, Frederico Mattos, João Paulo Oliveira, Hibrán Bertolini, Ana Paula Mansur, Ana Carolina Oliveira, que foram mais presentes nos últimos períodos.

À equipe do Seletto Business D.O.C. e às amizades feitas dentro da Organização Odebrecht.

Aos meus pais Eduardo Guimarães e Solange Tinoco por terem sido meus maiores exemplos de perseverança ao longo de minha vida acadêmica e profissional e desempenharem papel fundamental para concretizar a minha formação. Todas as conquistas que alcancei até hoje só foram possíveis graças a vocês.

A minha avó Maria de Lourdes Tinoco (*in memoriam*) pois mesmo não estando presente na conclusão deste trabalho, foi motivo de inspiração e incentivo para sua realização. Fonte inesgotável de amor e zelo, razão da qual devem-se as minhas maiores realizações, e pela qual serei eternamente grata.

Resumo da Monografia apresentada à POLI/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenharia Civil.

SOLUÇÕES DE FACHADAS DUPLAS VENTILADAS PARA REVESTIMENTO EXTERNO DE EDIFÍCIOS

Erika Tinoco Guimarães

AGOSTO/2013

Orientadora: Elaine Garrido Vazquez

Curso: Engenharia Civil

A interferência do clima local nos modelos construtivos sempre foi uma questão de peculiar importância na prática da construção, e um dos principais objetos de estudo na busca para conjugar funcionalidade à sensação de conforto aos usuários. As pressões ambientais nas últimas décadas do século XX incentivaram alguns países a elaborar documentos normativos para padronizar requisitos a serem atendidos pelos produtos lançados no mercado da construção civil, onde muitos dos quais vigoram sob forma de lei. No Brasil, entretanto, é notável a deficiência das construções em desempenhar parâmetros de habitabilidade e conforto. Neste contexto, o presente trabalho introduz um método construtivo que pode representar a inovação necessária ao atendimento de critérios de desempenho. Através de pesquisa bibliográfica, é definido o sistema conhecido como Fachada Dupla Ventilada, bem como apresentadas as classificações e tipologias usuais, seus princípios e exigências de funcionamento, regulamentadas por documentos estrangeiros. Para avaliar sua aplicação prática a uma construção executada no Brasil, é apresentado o estudo prático com a sequência executiva e análise de projeto de fachada. Sendo assim, o uso de fachadas duplas mostrou-se uma solução potencialmente viável para combater a deficiência no desempenho da construção Brasileira.

Palavras-chave: Fachadas duplas ventiladas, sequência executiva, envoltória, habitabilidade

Abstract of Monograph presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Specialist.

VENTILATED DOUBLE FAÇADE SOLUTIONS IN BUILDINGS EXTERNAL REVESTIMENTS

Erika Tinoco Guimarães

AUGUST/2013

Advisor: Elaine Garrido Vazquez

Course: Civil Engineering

The interference of the local climate in construction models has always been a matter of particular importance in the practice of building, and one of the main objects of study in the search of the combination of functionality with the feeling of comfort to the users. The environmental pressures occurred in the late XXth century have encouraged some countries to elaborate technical documents in order to standardize the requirements towards the new products released by the civil construction market, where many of which prevails in a constitutive character. In Brazil, however, it's remarkable the shortcomings parameters in terms of habitability and human comfort verified in most of the buildings. In this context, this paper has the objective to introduce one method that can represent the innovation required to attend efficiency standards. Throughout bibliographic research, it is defined the system known as Ventilated Double Façade, as well as presented its main classifications, usual typologies and functional principles and exigencies, defined in foreign regulations. In order to validate the system's practical application in a Brazilian building, it is presented a practical study containing the façade executive sequence and its project analysis. Thus, the use of Ventilated Double Façades proved to be potentially feasible solution for combating deficiency in the performance of Brazilian construction.

Key- words: Ventilated Double Façades, executive sequence, envelopment, habitability

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações Iniciais	1
1.2. Contexto Histórico: A Arquitetura Modernista.....	6
1.2.1. Os princípios do Modernismo.....	8
1.3. Justificativa do Trabalho.....	14
1.4. Objetivo do Trabalho.....	15
1.5. Metodologia de Trabalho.....	15
1.6. Descrição do trabalho	16
2. CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE FACHADAS DUPLAS VENTILADAS	18
2.1. Introdução.....	18
2.2. Histórico	19
2.3. Elementos Constituintes das Fachadas Duplas Ventiladas	21
2.3.1. Definições.....	21
2.3.2. Pano interior	23
2.3.3. Isolamento térmico.....	24
2.3.4. Câmara Ventilada ou Caixa-de-ar	24
2.3.5. Pano Exterior.....	25
2.3.6. Elementos de ventilação.....	25
2.3.7. Sequência Executiva.....	26
2.4. Classificações do sistema de Fachadas Duplas Ventiladas	28
2.4.1. Fachada de múltiplos pavimentos	28

2.4.2.	Fachada Corredor.....	29
2.4.3.	Fachada com Shaft Vertical.....	29
2.4.4.	Pano exterior auto-portante.....	30
2.4.5.	Pano exterior apoiado.....	30
2.5.	Revestimentos do elemento de vedação externo	35
2.5.1.	Concreto Polimérico:	35
2.5.2.	Alumínio Perfilado.	36
2.5.3.	Vidro.....	36
2.5.4.	Madeira.....	37
2.5.5.	Cerâmica.	38
3.	PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO E EXIGÊNCIAS NORMATIVAS DE DESEMPENHO DE FACHADAS DUPLAS VENTILADAS.....	40
3.1.	Princípios de Funcionamento do sistema de fachadas duplas ventiladas.....	40
3.1.1.	Conforto Térmico e Radiação Solar	40
3.1.2.	Inércia térmica	41
3.1.3.	Pressão do Vento e Convecção do Ar	44
3.2.	Exigências Normativas para o desempenho das fachadas duplas ventiladas	46
3.2.1.	Exigências para Fachadas Duplas.....	47
3.2.2.	Exigências de ventilação para fachadas duplas ventiladas.....	48
3.2.3.	Exigências para os materiais de isolamento térmico	51
3.3.	Legislação Brasileira	53
3.3.1.	Requisitos gerais de desempenho térmico da Edificação	53
3.3.2.	Requisitos Específicos para o sistema de Vedação Externa	56
4.	ESTUDO PRÁTICO: EXEMPLO DE PROJETO DE FACHADA DUPLA VENTILADA.....	56
4.1.	Descrição do Empreendimento.....	56
4.2.	Sequência Executiva das Fachadas	58

4.2.1.	Preparação e Mapeamento da Fachada	58
4.2.2.	Colocação da Estrutura de Sustentação	61
4.2.3.	Inserção das Peças Cerâmicas.....	65
4.2.4.	Acabamentos e Detalhes Executivos	67
4.3.	O Projeto de Fachada	71
4.3.1.	Divisão da Caixa-de-ar.....	72
4.3.2.	Fixação do Pano Exterior	74
4.3.3.	Material de Revestimento Externo.....	75
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
	REFERÊNCIAS NORMATIVAS	83
	REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS	84
	ANEXOS	89

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Sequência de testes executados no Ensaio de Tipo Inicial	48
Tabela 2: seção transversal de uma abertura em função da altura total da fachada.....	50
Tabela 3: seção transversal de uma abertura em função da altura total da fachada em subestrutura metálica	50
Tabela 4:Características e níveis de utilização segundo a certificação ACERMI	52
Tabela 5:níveis mínimos ISOLE para fachadas duplas ventiladas.....	52
Tabela 6:Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão. O nível M estabelece os critérios mínimos de aceitação, o nível I fornece critérios intermediários e o nível S critérios superiores de conforto.....	53
Tabela 7:Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno. O nível M estabelece os critérios mínimos de aceitação, o nível I fornece critérios intermediários e o nível S critérios superiores de conforto.....	54
Tabela 8: Recomendações e critérios para medição in loco em edificações existentes	55
Tabela 9: Recomendações e critérios para medição realizadas em protótipos.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Citânia de Briteiros, exemplo de civilização celta primitiva da idade do Ferro (1200 A.C – 1000 D.C.) encontrado em Guimarães, Portugal.....	1
Figura 2: (a) O Pantheon, em Roma (27 A.C), (b) A Catedral de Notre Damme em Paris (1163), (c) O Palácio Shloss Schönbrunn em Vienna (1643): Representações artísticas na arquitetura de diferentes estilos e épocas.	2
Figura 3: (a) O edifício Seagram (1958), (b) o museu Solomon R. Guggenheim (1959), ambos em Nova Iorque, e (c) a torre do Georgia Pacific Centre (1982) em Atlanta.	3
Figura 4: (a) Edifício Edson Passos (1957), (b) Sede da Petrobras (1974), (c) Antigo hotel Méridien (1975): exemplos de edifícios no Rio de Janeiro que seguiram padrões internacionais e dependem de climatização artificial para garantia do conforto térmico.	4
Figura 5: Ícones do Modernismo: (a) La Ville Savoye de Le Corbusier em Poissy, França (1926) e (b) o Edifício Gustavo Capanema de Lúcio Costa no Rio de Janeiro(1947).....	5
Figura 6: (a) Edifício Harmonia 57, em São Paulo (2008), (b) Projeto de escritório em Florianópolis premiado pelo GreenBest (2011), (c) Torre de Cuajimalpa na Cidade do México (2009): Exemplos de arquitetura sustentável contemporânea, inspirada em conceitos modernistas.	5
Figura 7: Exemplos do urbanismo modernista: (a) projeto de bairro em Dessau, Alemanha (1926), Plano diretor (b) da Ilha do Fundão (1954) e (c) de Brasília (1959).	7
Figura 8: Os cinco postulados do Modernismo	8
Figura 9: Pilotis do Edifício da amizade, PUC- Rio	9
Figura 10 : Exemplo de planta livre da estrutura (a) interior da Ville Savoye (projeto de 1926), (b) apartamento em São Paulo (2013)	10
Figura 11: Uso do tijolo vazado em paredes (a) divisórias de ambientes e (b) externas	11
Figura 12: Obra do Berço, no Rio de Janeiro	12
Figura 13: (a) Cobertura do Palácio Gustavo Capanema, no Rio de Janeiro - projeto de Lúcio Costa, (b) Telhado Verde implantado pela Sky Garden- Envec	12
Figura 14: Janelas em fita (a) em casa projetada por Le Corbusier em Stuttgart (1967), (b) Em apartamento reformado em São Paulo (2011).....	13
Figura 15: Evolução de fachadas duplas em Portugal até os anos 1980.	19

Figura 16: Solução de fachada dupla ventilada com face exterior em elemento vazado	20
Figura 17: Fachada ventilada com face exterior constituída em material pré-moldado de cimento	21
Figura 18: Disposição dos Componentes de uma fachada dupla ventilada	22
Figura 19:(a) mecanismo de dissipação de excesso de calor armazenado no verão (b) eliminação das pontes térmicas no inverno	23
Figura 20:seqüência executiva de FDV apoiada sobre pano externo. Da esquerda para a direita: fixação dos elementos de ancoragem, fixação dos perfis de sustentação, colocação do revestimento externo, aspecto final.....	27
Figura 21:tipologias de fachada ventilada (a) fachada de múltiplos pavimentos, (b) fachada corredor e (c) fachada com shaft vertical. As setas azuis indicam o sentido de entrada de ar na cavidade, e as vermelhas indicam o sentido de saída.	28
Figura 22:Funcionamento de um muro -trombe em situações de calor (a) e frio (b) no ambiente externo	30
Figura 23:Representação em corte de sistema de fixação por Inserts Metálicos.....	31
Figura 24:Detalhe de fixação com insterts embutidos na cerâmica.	32
Figura 25:Detalhe da parte interna do grampo metálico	33
Figura 26: Aparência externa de fachada sustentada por grampos.....	33
Figura 27:disposição dos elementos na fixação por trilhos (a) vista geral,(b) detalhe do encaixe entre as peças.....	34
Figura 28:FDV em placas pré-fabricadas de concreto polimérico	35
Figura 29:FDV em estrutura metálica.....	36
Figura 30:FDV revestida em vidro (a) em elementos retangulares e (b) em lâminas, semelhantes a <i>Brisés-Soleil</i>	37
Figura 31:exemplos de fachadas em madeira modificada em forma de ripado	38
Figura 32:Fachadas Ventiladas em (a) painéis cerâmicos e (b) lâminas cerâmicas	39
Figura 33:Representação esquemática da radiação direta sobre FDV.....	41
Figura 34: Funcionamento da fachada (a) no frio e (b) no calor. Observa-se a manutenção da temperatura de conforto no interior do edifício em situações adversas.	43
Figura 35 - Representação de fachada dupla ventilada(a) Corte esquemático e (b) vista frontal mostrando aberturas para circulação do ar interno.....	44

Figura 36:fluxo de calor ascendente criado pela convecção do ar no interior da fachada dupla ventilada. As setas vermelhas indicam ar quente e as azuis indicam ar fresco.	45
Figura 37 – Compartimentação em canto de fachada (a) com montantes metálicos e (b) com estrutura complementar em madeira	51
Figura 38:Localização do terreno.....	57
Figura 39:(a) Implantação e (b) Perspectiva Ilustrada do Seletto Business D.O.C.	57
Figura 40:Lançamento de prumos para mapeamento em parte da fachada Sul do bloco exterior.....	59
Figura 41- Distanciamento do arame do prumo à alvenaria	60
Figura 42:Disposição das cantoneiras metálicas e perfis verticais.....	61
Figura 43:Seção transversal dos perfis vertical (a esquerda) e horizontal (a direita)	62
Figura 44:Disposição dos perfis na formação da trama de sustentação do pano exterior da fachada Sul (a)interação dos corredores entre as janelas com o <i>shaft</i> de ventilação vertical (b) corredores de ar entre as janelas em detalhe.	63
Figura 45:Detalhe da fixação de perfil vertical em cantoneira.....	63
Figura 46:Detalhe da fixação entre perfis.....	64
Figura 47:Detalhes do encontro do isolante com o perfil metálico (a) e da fixação do material na alvenaria (b)	64
Figura 48:Detalhe da seção transversal da peça de Porcelanato insertado na parte superior (a) e inferior (b).....	65
Figura 49: Detalhe do encaixe entre peças na extremidade de um perfil horizontal	66
Figura 50:Detalhe de acabamento na parte inferior de uma amostra de Porcelanato	66
Figura 51:Aspecto final de fachadas do bloco exterior: alçado interno, onde (a) é prevista contato com pele de vidro e (b) não são previstas aberturas, na qual observa-se abertura feita para manutenção.....	67
Figura 52:Detalhe Executivo de encontro de peças em esquina interior- vista superior em corte.....	68
Figura 53: Detalhe executivo de disposição de peças em esquina exterior- vista superior em corte.....	68
Figura 54:Detalhe de disposição dos elementos em perfil horizontal de arranque- corte transversal.....	69

Figura 55:Detalhe de disposição dos elementos em perfil horizontal de coroamento- corte transversal.....	70
Figura 56:Interação com aberturas: demonstração de pontos críticos na parte superior e inferior da abertura.....	70
Figura 57- Representação em corte transversal da parte superior (detalhe 1) e inferior (detalhe 2) de uma esquadria em contato com a estrutura do Porcelanato Insertado	71
Figura 58: Faces dos edifícios revestidas em FDV.....	71
Figura 59: Localização das fachadas nos edifícios	72
Figura 60- Fachada Oeste do bloco exterior	73
Figura 61- Fachada Oeste do bloco interior	73
Figura 62- Parte da fachada Leste do bloco externo	74
Figura 63- Larguras máximas das peças de cerâmica extrudada utilizadas	75
Figura 64- Comprimentos máximos das peças de cerâmica extrudada utilizadas.....	76

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Iniciais

A construção é uma prática que remonta ao surgimento da espécie humana, e desde esta época, sofre constantes mudanças e aprimoramentos, de acordo com as necessidades das sociedades, caminhando lado a lado com a evolução da humanidade.

Nos primórdios da civilização, o homem buscava criar locais onde pudesse descansar e se proteger das intempéries e possíveis predadores. O recém-criado conceito de habitação tinha a função única de abrigo.

Com o surgimento de novas atividades, foram aparecendo novas necessidades para os locais frequentados pelos indivíduos, e novos conceitos como conforto e desempenho começaram a ser moldados e incorporados à prática de se criar um ambiente habitável.

Ao observarmos ruínas de cidades e habitações primitivas, sobretudo em locais de temperatura média baixa e invernos rigorosos, fica evidente sua evolução neste sentido. A figura 1 retrata reconstruções de casas típicas de uma civilização celta existente durante a idade do Ferro. Pode-se perceber a preocupação em executar telhados em materiais mais leves para amenizar a temperatura interna no verão, e em formato de cone, para escoamento da água da chuva ou da neve.



Figura 1: Citânia de Briteiros, exemplo de civilização celta primitiva da idade do Ferro (1200 A.C – 1000 D.C.) encontrado em Guimarães, Portugal

Fonte: Câmara Municipal de Guimarães - www.guimaraesturismo.com, acesso em 14 de Julho de 2013.

Desde o advento dos projetos arquitetônicos, a preocupação principal era adaptar o espaço protegido aos elementos do meio ambiente que nele exerciam influência: vegetação, clima e topografia. Em épocas anteriores a tecnologias modernas, o estudo da interação entre estes elementos e a construção possuía papel fundamental, visto que a arquitetura era a forma de se alcançar os padrões de conforto desejados e aprimorar a qualidade de vida dentro da edificação.

Ao longo dos séculos, diversas manifestações arquitetônicas surgiram, propondo, cada uma à sua maneira, formas de se atingir os objetivos das atividades exercidas na construção e atender às necessidades dos usuários. Incorporou-se aos poucos os conceitos de beleza e arte à prática de construir, alinhados às suas funções originais.

Muitas construções de caráter monumental foram executadas expressando o estilo vigente, usualmente com funções públicas ou administrativas. Na figura 2 encontram-se alguns exemplos de arquiteturas marcantes em sua época: O Pantheon, expoente da arquitetura romana, de colunas esbeltas e capitéis coríntios; A catedral de Notre Dame, referência mundial do estilo Gótico; e o Shloss Schönbrunn, símbolo do império austro-húngaro e do estilo romântico.

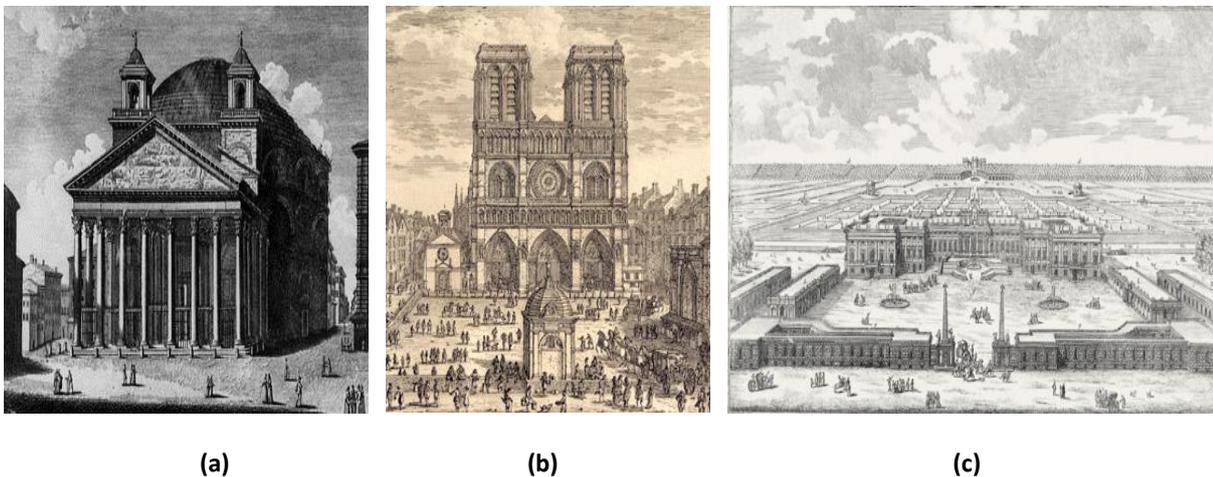


Figura 2: (a) O Pantheon, em Roma (27 A.C), (b) A Catedral de Notre Damme em Paris (1163), (c) O Palácio Shloss Schönbrunn em Vienna (1643): Representações artísticas na arquitetura de diferentes estilos e épocas. Fontes: Wikipaintings - www.wikipaintings.org, Cathédrale Notre Dame de Paris - www.notredamedeparis.fr, Shloss Schönbrunn - www.schoenbrunn.at – acessos em 14 de Julho de 2013.

A partir da segunda metade do século XX, surgiram novas tecnologias que usavam outras fontes energéticas para criar, de modo artificial, os padrões de conforto que até

então dependiam exclusivamente da interação entre os elementos externos e os elementos arquitetônicos. Estas novas tecnologias utilizavam muita energia, e em sua maioria, dependiam da queima de combustíveis fósseis e eletricidade.

Os novos projetos passaram a ter outros enfoques, como gabaritos mais elevados e formatos, *layouts* e materiais ainda não explorados. Apesar de inovador, o *International Style*, como ficou conhecido, produziu construções com conforto térmico natural extremamente baixo, sendo em grande parte dependente das fontes artificiais.

Alguns exemplos são mostrados na figura 3: fachadas monolíticas, com pouca ventilação natural; materiais de alto índice de absorção de calor e elementos dissipadores insuficientes; permeabilidade à luz inadequada.



Figura 3: (a) O edifício Seagram (1958), (b) o museu Solomon R. Guggenheim (1959), ambos em Nova Iorque, e (c) a torre do Georgia Pacific Centre (1982) em Atlanta.

Fontes: Wikiarquitetura - es.wikiarquitetura.com, Ark- Arquitetura - ark-arquitetura.blogspot.com.br, SULLIVANN - www.bluffton.edu – acessos em 14 de Julho de 2013.

Esta tendência espalhou-se mundialmente. Uma vez pensado dentro da realidade de climas temperados e frios, a adaptação deste estilo em países sul-americanos, de clima predominantemente tropical como o Brasil, foi muito difícil, sendo, por vezes, mal-feita. Neste contexto, a dependência da climatização artificial ganhou função principal para garantir o conforto térmico dos usuários.

Nas últimas décadas do século XX, foram construídos muitos edifícios à semelhança das construções concebidas no exterior, em países de clima incompatíveis com o tropical. No Rio de Janeiro, encontram-se muitos exemplos de empreendimentos que

necessitaram de projetos de climatização devido à sua arquitetura termicamente desfavorável (figura 4).

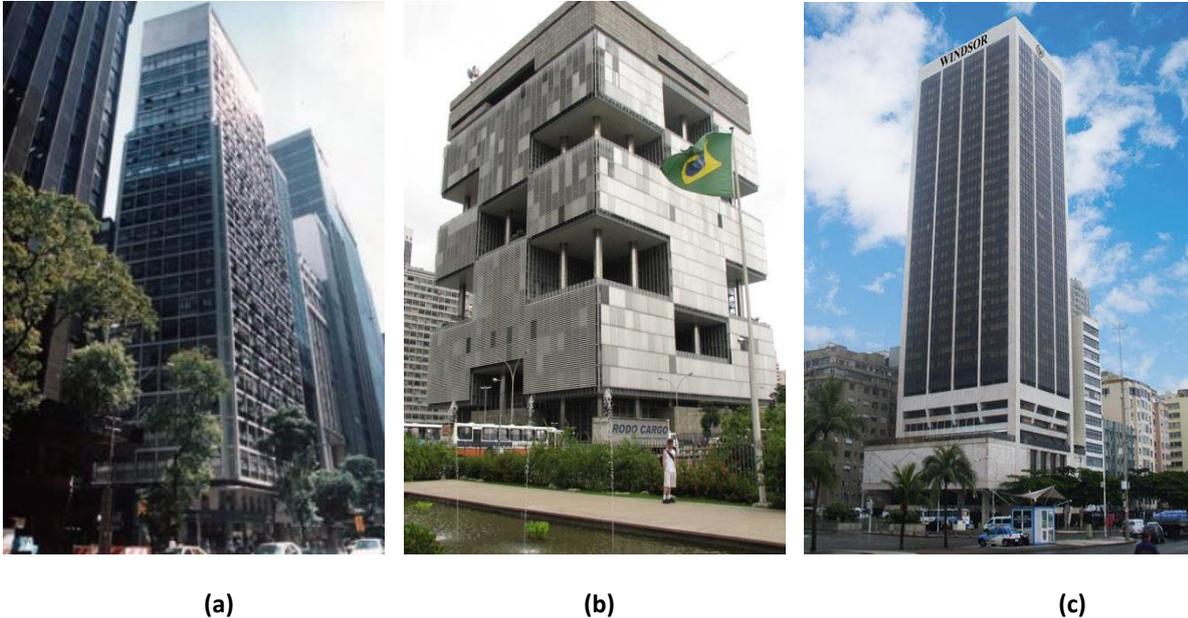


Figura 4: (a) Edifício Edson Passos (1957), (b) Sede da Petrobras (1974), (c) Antigo hotel Méridien (1975): exemplos de edifícios no Rio de Janeiro que seguiram padrões internacionais e dependem de climatização artificial para garantia do conforto térmico.

Fontes: Clube de Engenharia - www.portalclubedeengenharia.org.br, SindiPetro AL/SE - sindipetroalse.org.br, Modern Buildings - modern-buildings.blogspot.com.br.- acessos em 14 de Julho de 2013.

Segundo Corbellas e Yanas (2009), com as crises energéticas internacionais ocorridas a partir dos anos 1970, formou-se uma reação a ideologia vigente. A preocupação passou a ser centrada no conforto ambiental dentro da edificação e as suas consequências para o meio ambiente. Surgia a chamada arquitetura bioclimática, percussora da atual arquitetura sustentável.

As novas concepções arquitetônicas propunham a retomada da interação da arquitetura com o clima, recorrendo-se muitas vezes a preceitos do Modernismo. Elementos recorrentes nos projetos de Le Corbusier aparecem renovados em novos tipos de materiais e tecnologias, adaptados ao estilo de vida contemporâneo. Pode-se perceber semelhanças entre alguns ícones do modernismo do século XX (figura 5) e projetos criados dentro da arquitetura sustentável.



Figura 5: Ícones do Modernismo: (a) La Ville Savoye de Le Corbusier em Poissy, França (1926) e (b) o Edifício Gustavo Capanema de Lúcio Costa no Rio de Janeiro(1947)
 Fontes: Villa Savoye – villasavoyeblog.tumblr.com, Wikipedia - pt.wikipedia.org – acessos em 15 de Julho de 2013.

Analisando alguns exemplares da arquitetura sustentável, observa-se, por exemplo, uma releitura da construção sobre pilotis e janelas em fita, integradas com elementos paisagísticos (figura 6).



Figura 6: (a) Edifício Harmonia 57, em São Paulo (2008), (b) Projeto de escritório em Florianópolis premiado pelo GreenBest (2011), (c) Torre de Cuajimalpa na Cidade do México (2009): Exemplos de arquitetura sustentável contemporânea, inspirada em conceitos modernistas.
 Fontes: Fórum da Construção - www.forumdaconstrucao.com.br, Missão casa - wp.clicrbs.com.br/missaacasa, Casa Tres Chic - casatreschic.blogspot.com.br. - acessos em 15 ed Julho de 2013.

Dentro deste contexto, a preocupação com o desempenho da edificação veio ocupar lugar de destaque na indústria da Construção Civil internacional. Desenvolveram-se normas para garantir o desempenho dentro do ambiente edificado, bem como foram criados vários tipos de certificações – os chamados “selos” – para atestar o bom desempenho energético da mesma. Tais normas determinam parâmetros mínimos de desempenho relativos ao

conforto dos usuários que as edificações necessitam ter, sendo aplicadas há alguns anos na Europa e nos Estados Unidos com caráter obrigatório.

No Brasil, é notável a recente iniciativa de algumas empresas em buscar certificar seus empreendimentos com certificações e selos internacionais de qualidade e desempenho sustentável, a exemplo das certificações ISSO 14001 e do selo LEED. Entretanto, estes certificados não abrangem os parâmetros de desempenho e conforto na totalidade da construção, e possuem focos distintos quanto ao objetivo a ser atingido pelo produto. Além disso, não possuem caráter normativo, de modo que existem muitas edificações que não atendem a requisitos mínimos de qualidade.

Contraopondo-se a este cenário, a NBR15.575 – Desempenho de Edificações Habitacionais, tem o intuito de introduzir uma melhoria na qualidade das mesmas, baseando-se para isso em preceitos internacionais de desempenho. A exigência de níveis superiores de qualidade abrange desde os requisitos estruturais até aqueles relativos ao conforto dentro do ambiente construído.

Além de atestar parâmetros já regulamentados através de outras normas brasileiras, esta nova norma apresenta preocupação com aqueles historicamente menosprezados nas construções brasileiras desde fins do século XX: desempenho térmico e acústico.

Embora não possua caráter normativo, a NBR15.575 representa uma mudança de paradigma na construção civil brasileira, no sentido da busca pela melhoria da qualidade do produto oferecido. A criação desta norma revela uma tentativa de buscar atingir um nível mínimo de qualidade e desempenho, comparável com parâmetros internacionais.

1.2. Contexto Histórico: A Arquitetura Modernista

A arquitetura Modernista ou Moderna surgiu após a segunda guerra mundial, no contexto de reconstrução de cidades destruídas pelas batalhas, onde a criação de complexos multifamiliares tornou-se tendência visto a quantidade de pessoas desalojadas geradas pela guerra na Europa. Além das necessidades, de caráter urgente, havia falta de matéria-prima e recursos construtivos, como mão-de-obra e equipamentos.

A destruição em massa de construções ocasionou grandes espaços livres e propiciou inovações urbanísticas nestas áreas, mais tarde evidenciada pela criação de novas formas geométricas e disposições paisagísticas. De fato, os projetos urbanísticos de cidades

modernas são organizados sob uma perspectiva cubista, conforme pode ser observado na figura 7.

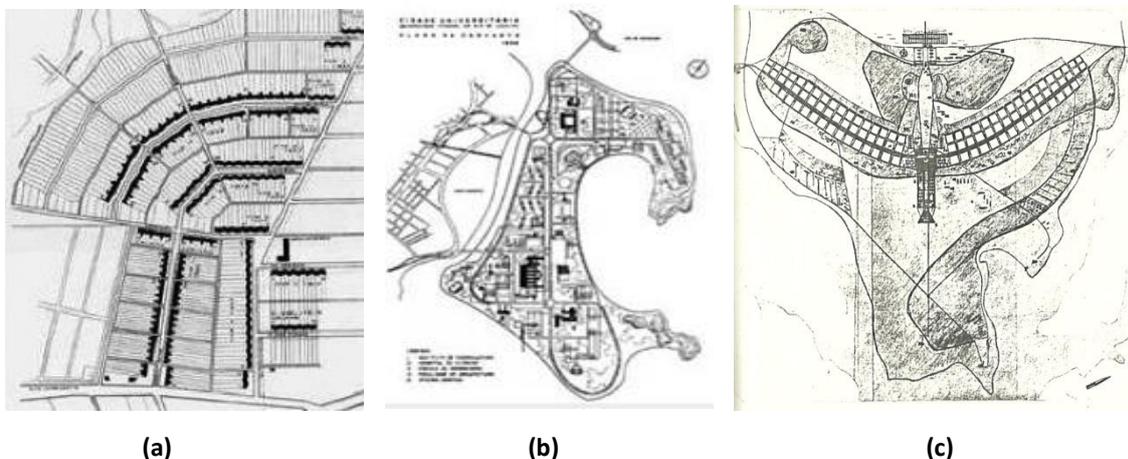


Figura 7: Exemplos do urbanismo modernista: (a) projeto de bairro em Dessau, Alemanha (1926), Plano diretor (b) da Ilha do Fundão (1954) e (c) de Brasília (1959).

Fonte: CASTELNOU - istoecidade.weebly.com, Vitruvius - www.vitruvius.com.br/, MDC revista de arquitetura e urbanismo - mdc.arq.br. –acessos em 4 de Agosto de 2013.

Dadas as necessidades e circunstâncias contrastantes, verificou-se o processo de racionalização da construção. Nesse aspecto, a industrialização passou a dominar a concepção dos elementos da nova arquitetura. De acordo com Vazquez (2012), nos projetos criados sob a ótica modernista o processo construtivo é iniciado a partir das necessidades habitacionais, onde o interior determina o formato do exterior, ou seja, as casas passam a ser pensadas como uma “máquina de habitar”.

O expoente da arquitetura modernista foi o arquiteto Charles-Edouard Jeanneret-Gris (1887-1965), conhecido por seu famoso pseudônimo de Le Corbusier. Considerado o “Picasso da Arquitetura”, Le Corbusier ficou famoso não só pelas inovações apresentadas em seus projetos, mas também por ser o percussor e principal difusor de aspectos funcionais na arquitetura (VAZQUEZ, 2012). Seguindo a ideologia de que “cada elemento deve cumprir uma função” no projeto, Le Corbusier formulou cinco princípios para materializar este axioma nas construções.

1.2.1. Os princípios do Modernismo

Os cinco postulados aqui enunciados são o resultado da pesquisa feita pelo arquiteto e seu primo e sócio Pierre Jeanneret, publicada no início de suas carreiras profissionais, em 1926, e ilustrados resumidamente na figura 8. Estes conceitos alcançaram sucesso mundial, sendo adaptados por demais arquitetos da época, e configuraram os princípios do movimento Modernista.

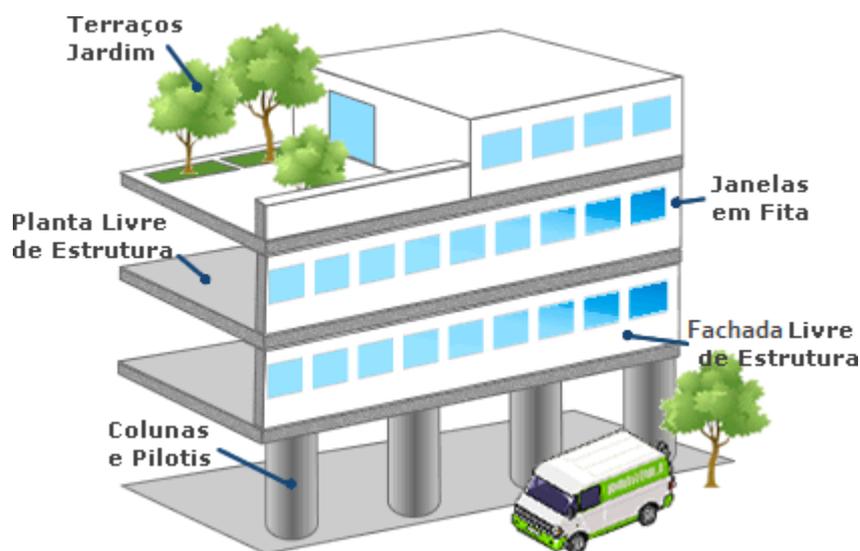


Figura 8: Os cinco postulados do Modernismo

Fonte: ALMEIDA - turmadearquitetura.blogspot.com.br - acesso em 4 de Agosto de 2013.

Estes conceitos exerceram forte influência inclusive em projetos pós modernos. Características modernistas e recorrentes adaptações podem ser vistas em construções executadas no Rio de Janeiro até fins da década de 70.

No Brasil, o Modernismo foi introduzido pelos arquitetos Oscar Niemeyer e Lúcio Costa, e suas diretrizes orientaram projetos de importantes construções no país, como o projeto paisagístico do Aterro do Flamengo - Rio de Janeiro, o plano diretor da cidade de Brasília, o projeto urbanístico da cidade universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, dentre outros.

1.2.1.1. Prédio Sobre Pilotis

O Pilotis pode ser caracterizado por um sistema de pilares circulares de grande altura, que elevam a construção e induzem a liberdade de trânsito em sua parte inferior

(VAZQUEZ,2012). A suspensão do edifício cria uma nova perspectiva do mesmo e promove maior interação entre o exterior e o interior. Um exemplo de prédio sobre pilotis é o edifício da Amizade, no campus da Pontifícia Universidade Católica - PUC-Rio (figura 9).



Figura 9: Pilotis do Edifício da amizade, PUC- Rio
Fonte: PUC – RIO - www.ccpq.puc-rio.br – acesso em 4 de Agosto de2013

A utilização do Pilotis promove uma ventilação natural no pavimento térreo do edifício e proporciona ambientes mais frescos também nos demais andares. A elevação do primeiro pavimento o distancia do nível da rua e das fontes de ruído localizadas no térreo.

Este postulado influenciou a retomada de pés-direitos estruturais mais elevados nos pavimentos dos edifícios em geral. Apresentando maior altura e adequadamente dotado de janelas e dispositivos de ventilação, o ambiente encontra-se mais arejado, quando, devido a tendência natural de ventilação. Observam-se temperaturas internas mais amena, pois a convecção do ar é promovida pelo maior espaço de circulação vertical, de modo que as zonas próximas ao chão e aos usuários encontram-se mais frescas.

1.2.1.2. Planta Livre da Estrutura

De acordo com Vazquez (2012), este postulado indica que as paredes internas sejam adequáveis à necessidade de utilização do espaço. Perdendo a função estrutural e servindo apenas como elemento de vedação e separação de ambientes, as paredes podem ser remodeladas a gosto do usuário. A figura 10 mostra um exemplo deste postulado na Ville savoye, projeto de Le corbusier na década de 1920 e em um apartamento contemporâneo.

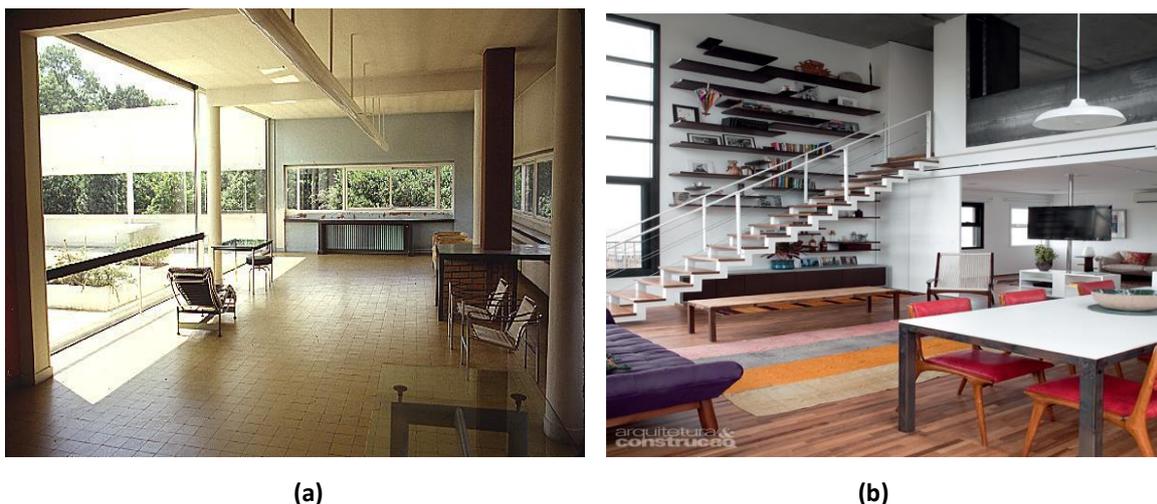


Figura 10 : Exemplo de planta livre da estrutura (a) interior da Ville Savoye (projeto de 1926), (b) apartamento em São Paulo (2013)

Fonte: HOWE - <http://www.bc.edu> , Imobiliária Mello Santos - mellosantosimoveis.blogspot.com.br – acessos em 4 de Agosto de 2013.

Esta característica reflete o axioma do funcionalismo incorporado à arquitetura e tornou-se possível graças ao sistema estrutural composto por peças reticuladas - painéis de laje associados a vigas e pilares. A adoção da planta livre da estrutura induz a criação de espaços mais amplos devido a utilização de número menor de paredes. Esta prática, embora induza a propagação de ruídos aéreos no interior do ambiente, favorece a ventilação cruzada quando houver conveniente orientação da construção e dimensionamento correto de aberturas na fachada.

O conceito de ampliação dos espaços influenciou a adoção de elementos translúcidos e vazados na separação dos ambientes. No Brasil, o uso do tijolo vazado, conhecido popularmente por Cobogó, foi muito expressivo na época modernista. O Cobogó consiste de um bloco de alvenaria cerâmica dotado de aberturas em sua seção longitudinal, através das quais permite a passagem de luz e ar (figura 11). Feito em diferentes materiais, cores e formas, passou a ser incorporado também em paredes externas, configurando nova interação com elementos do exterior. Foi um material marcante em projetos de decoração até a década de 70.



Figura 11: Uso do tijolo vazado em paredes (a) divisórias de ambientes e (b) externas
 Fonte: LIMA - arianelimaarquitectura.com.br – acesso em 4 de Agosto de 2013.

1.2.1.3. Fachada Livre da Estrutura

Assim como o postulado anterior, a fachada livre da estrutura é um resultado da independência dos elementos arquitetônicos em relação ao sistema estrutural. Para tal, os pilares são localizados interiormente à construção, de modo a criar recuos nas lajes que possibilitem maior flexibilidade para aberturas na fachada(VAZQUEZ,2012).

A independência da fachada em relação ao restante da estrutura favoreceu a inovação de projeto deste sistema e, desta forma, novos subsistemas e elementos puderam ser incorporados em sua execução.

Um exemplo de intervenção em fachada, possível graças à quebra de restrição por parte de elementos estruturais é o uso do *brise-soleil*. Este dispositivo foi muito utilizado durante o Modernismo para impedir propagação dos efeitos da incidência direta de radiação solar para o interior da construção. Caracteriza-se por conjuntos de Lâminas móveis ou fixas, dispostas na frente de aberturas. Feitos em materiais diversos – desde concreto até vidro, os *brises* proporcionam o aproveitamento da luminosidade natural sem o efeito indesejável de ofuscamento causado pelos raios solares, permitindo melhores níveis de conforto lumínico.

A figura 12 ilustra a fachada da Instituição Obra do Berço, projeto de Oscar Niemeyer no Rio de Janeiro. Pode-se observar a independência da fachada da estrutura do prédio, o recuo dos pilares no térreo, e a disposição dos brises por toda a fachada Oeste do prédio.



Figura 12: Obra do Berço, no Rio de Janeiro
Fonte: OSEFERIN - abduzeedo.com – acesso em 4 de Agosto de 2013.

1.2.1.4. Terraço- Jardim

Contraopondo-se ao tradicional uso de telhados destinados apenas ao escoamento das águas pluviais e instalação de equipamentos, o uso de terraços ajardinados sugere a criação de áreas de lazer na cobertura do edifício. Segundo Vazquez (2012), esta concepção idealiza a transferência da área de solo ocupado, havendo a recuperação da mesma através da própria construção, conforme pode ser visto na figura 13.



(a)

(b)

Figura 13: (a) Cobertura do Palácio Gustavo Capanema, no Rio de Janeiro - projeto de Lúcio Costa, (b) Telhado Verde implantado pela Sky Garden- Envec

Fonte: Arquitetura Sustentável - argsustentavel.wordpress.com, SkyGarden-Envec - www.skygarden.com.br – acessos em 4 de Agosto de 2013.

Este conceito influenciou a prática da construção dos apartamentos de cobertura com mais de um pavimento – coberturas *duplex* ou *triplex*, de sucesso internacional no mercado imobiliário. A presença de plantas e espaços ajardinados no último pavimento foi também precursor das coberturas verdes, ou telhados sustentáveis.

O revestimento das coberturas com vegetação apresenta vantagens como: proteção da laje de cobertura contra temperaturas extremas, minimizando a incidência solar e proporcionando melhores condições térmicas nos ambientes internos; redução dos sons aéreos, uma vez que a camada de terra atua como material isolante acústico; retenção de água de chuva, o que aumenta os índices de infiltração nos ambientes urbanos e diminui o risco de inundações, pois alivia o volume de água direcionado às galerias pluviais; absorção de gás carbônico e produção de oxigênio pela fotossíntese dos vegetais.

1.2.1.5. Janelas em Fita

Segundo Vazquez (2012), corresponde à adoção de conjuntos de janelas que se estendem por toda a extensão da fachada, alinhadas adjacientemente umas às outras e localizadas à mesma altura em relação à laje de piso do pavimento. As janelas em fita possuem comprimentos muito grandes em comparação à altura, sendo caracterizados por elementos longilíneos (figura 14). Seu uso, assim como os *brises-soleils*, se tornou possível graças à distinção da fachada dos elementos estruturais do edifício.



(a)

(b)

Figura 14: Janelas em fita (a) em casa projetada por Le Corbusier em Stuttgart (1967), (b) Em apartamento reformado em São Paulo (2011)

Fonte: BONI - ipa2laurenboni.blogspot.com.br , RIBEIRA - noticias.vidrado.com – acessos em 4 de Agosto de 2013.

As janelas dispostas em fita criam uma nova relação com a paisagem, na qual esta passa a ocupar papel de destaque no ambiente interior. Dentre as práticas modernistas, a janela em fita foi a mais perpetuada em construções localizadas em locais de climas amenos, e pode ser considerada a inovação construtiva percussora das varandas, por trazer a sensação de amplitude ao integrar a vista externa aos elementos do ambiente.

Além do apelo estético, as janelas em fita favorecem a iluminação natural no interior e, quando adequadamente dispostas de acordo com a orientação da trajetória solar sobre a construção, proporcionam melhora significativa nos níveis de claridade e conforto lumínico.

1.3. Justificativa do Trabalho

Na tentativa de melhorar a qualidade das habitações em relação ao conforto transmitido aos usuários e à economia de energia de sistemas de climatização, muitos países europeus buscaram, desde fins do século XX, inovações em sistemas de vedação externa através da combinação dos mesmos com elementos do clima, a favor do desempenho da construção.

Entre as décadas de 1980 e 1990, foi desenvolvido um método construtivo de fachadas conhecido como Fachadas Duplas Ventiladas - FDV. Este método se baseia na tipologia já conhecida de paredes duplas, associando formas de ventilação natural ao espaço intermediário criado entre os panos interior e exterior da parede, de modo a criar um mecanismo de alívio das transmissões térmicas.

Além de promover melhora no desempenho das construções, as FDV se tornaram muito populares no continente europeu devido a sua facilidade de execução e a diversificação de tipologias, que permitiram adaptar o sistema aos mais variados edifícios. Dadas suas vantagens, os métodos executivos de FDV difundiram-se também para América do Norte e Ásia.

Analisando o panorama das construções brasileiras nos últimos 20 anos, sobretudo no Rio de Janeiro, observa-se que, em sua maioria, o conforto dentro do ambiente edificado depende quase exclusivamente de fontes artificiais. Frequentemente, avaliam-se desempenhos aquém dos propostos pela NBR15.575, e muito inferior quando comparado a padrões internacionais.

Faz-se necessário avaliar as práticas construtivas usuais no mercado brasileiro de construção civil, de modo a aprimorar o desempenho de seus sistemas e promover maior conforto aos usuários.

À semelhança do ocorrido na Europa, o aumento da eficiência de desempenho térmico – e conseqüente diminuição do gasto energético dentro da edificação, pode ser alcançado recorrendo-se à adaptação dos conceitos do modelo de fachadas duplas ventiladas na execução de fachadas, de forma a promover menores trocas térmicas entre o interior e o exterior da construção.

1.4. Objetivo do Trabalho

Este trabalho tem como objetivo apresentar a técnica de execução de fachadas conhecida como Fachadas Duplas Ventiladas – FDV, bastante utilizada em países europeus mas ainda pouco explorada no Brasil. Pretende-se caracterizar o método construtivo, mostrar seu histórico evolutivo e seus componentes, e estudar o funcionamento do sistema.

Voltando-se para a integração do ambiente construído e os elementos advindos do clima local através de interações arquitetônicas na envoltória dos edifícios, acredita-se que este método venha a representar a adaptação necessária a ser introduzida no mercado brasileiro para solucionar a questão da deficiência de desempenho

1.5. Metodologia de Trabalho

O método construtivo de Fachadas Duplas Ventiladas é apresentado por meio de pesquisa bibliográfica. Através de definição dos conceitos, componentes, análise de materiais e tipologias e abordagem da sequência executiva das Fachadas Duplas Ventiladas, bem como estudo de seus princípios de funcionamento, pretende-se mostrar como elas podem ser aplicadas para solucionar a deficiência no desempenho térmico das edificações no Brasil.

Tendo em vista que as FDV são utilizadas na Europa desde fins do século XX, recorreu-se a legislações e certificados europeus para caracterizar os princípios de funcionamento do sistema e as suas principais exigências para um desempenho eficiente. Assim, foram

consultadas normas e certificações de origem francesa e portuguesa, que são referência nos países onde foram desenvolvidas.

Para ilustrar a aplicação dos conceitos estudados, é apresentado um estudo prático, no qual foi feita uma visita a um empreendimento que utiliza a tecnologia de FDV para revestir suas fachadas, de modo a avaliar a aplicação das definições estudadas na revisão bibliográfica, através da análise do projeto do sistema, na qual observa-se a tipologia e classificação dos métodos de fixação e materiais de revestimento externo. Além disso, este estudo aborda a sequência executiva dos elementos constituintes da fachada dupla ventilada, suas características e forma de interação com os demais materiais de revestimento utilizados.

1.6. Descrição do trabalho

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos: Introdução; Caracterização das Soluções de Fachadas Duplas Ventiladas; Princípios de funcionamento e Exigências Normativas de Desempenho de Fachadas Duplas Ventiladas; Estudo de Caso: Análise de Projeto de fachadas Duplas Ventiladas; Considerações Finais.

O primeiro capítulo pretende mostrar uma contextualização do tema abordado, justificando a elaboração do trabalho, seus objetivos e metodologias e a organização do conteúdo. Apresenta ainda um contexto histórico, mostrando como a questão do desempenho térmico era tratada no século XX antes do desenvolvimento de sistemas de climatização artificial. Através de análise dos princípios do movimento modernista e de alguns projetos, de autores nacionais e internacionais, induz-se a retomada de conceitos arquitetônicos que trabalhem a favor da funcionalidade do ambiente construído.

O segundo capítulo reflete a revisão bibliográfica acerca do tema. É feita a apresentação e histórico do método construtivo composto por caixa-de-ar entre os panos de alvenaria, bem como as definições do sistema de Fachadas Duplas Ventiladas e o papel dos elementos constituintes, classificação dos principais materiais utilizados e tipologias existentes.

O terceiro capítulo aborda os princípios de funcionamento das Fachadas Duplas Ventiladas e apresenta as principais exigências funcionais de desempenho, documentadas por legislações e certificações estrangeiras. Adicionalmente, é feita referência à nova norma brasileira de desempenho – NBR15575, expondo resumidamente os requisitos apresentados neste documento para sistemas verticais de vedação externa e interna.

O quarto capítulo apresenta um estudo prático, para o qual foi feita uma visita a um empreendimento que utiliza Fachadas Duplas Ventiladas, a fim de mostrar um exemplo prático de aplicação da técnica estudada através de análise do projeto de fachada e sua respectiva sequência executiva.

O quinto capítulo reserva-se a considerações finais, onde serão formuladas as conclusões acerca do tema abordado e como o método construtivo proposto pode vir a mudar o recente contexto histórico de deficiência de desempenho dos produtos oferecidos pelo mercado da construção civil no Brasil.

Por fim, apresentam-se as referências bibliográficas, eletrônicas e normativas e o empreendimento visitado.

2. CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE FACHADAS DUPLAS VENTILADAS

2.1. Introdução

As paredes envoltórias, em conjunto com a cobertura, configuram o sistema responsável por promover o contato direto da edificação com o ambiente no qual ela está inserida. A fachada é a componente de maior atuação dentro deste sistema, pois estende-se por toda as dimensões da construção e abrange os pavimentos em sua totalidade.

As fachadas devem ser capazes de conciliar as condições térmicas do interior e exterior de um edifício, tendo como principal função promover o conforto dos usuários. Para isso, devem permitir a passagem adequada dos elementos ambientais – ar, luz e calor, e garantir estanqueidade, com o intuito de promover o desempenho adequado do ambiente habitado.

O estudo de normas de desempenho em vigor na Europa e a análise dos parâmetros propostos pela NBR15.575 – Desempenho nas Edificações põem em questionamento a eficiência de grande número de habitações construídas do Brasil nas últimas décadas em atender critérios mínimos de desempenho, sobretudo no que diz respeito ao comportamento térmico.

Nota-se a necessidade de avaliar as práticas construtivas vigentes no mercado brasileiro de construção civil, buscando um aprimoramento de seu desempenho através de correções e inovações nas tipologias usuais de revestimento exterior para as construções.

Segundo Streicher (2005), conceitos inovadores aplicados ao projeto de envoltórias de edifícios têm se tornado cada vez mais relevantes. A demanda por ventilação natural aumentou devido à nova consciência ambiental, aliada a conceitos de redução de consumo energético. Uma fachada inovadora deverá permitir conforto ambiental interno, proteção acústica e boa iluminação natural, ao mesmo tempo reduzindo a demanda extra por energia (Mazzarotto, 2011).

No presente capítulo será feita a apresentação de um método construtivo que pode representar uma possibilidade de inovação necessária ao atendimento dos novos critérios de desempenho propostos para os projetos construtivos a serem desenvolvidos no Brasil:

Fachadas Duplas Ventiladas ou FDV.

A revisão bibliográfica abordará os seguintes tópicos: histórico dos sistemas de fachadas duplas, definições, elementos constituintes e seqüência executiva da FDV, tipologias existentes e materiais de revestimento externo.

2.2. Histórico

O método construtivo conhecido com Fachada Dupla Ventilada – FDV, pode ser caracterizado como uma adaptação recente do modelo construtivo de paredes duplas, através da incorporação de elementos que promovem a ventilação na cavidade intermediária da parede.

As paredes duplas consistem em paredes formadas por um duplo pano de vedação, separadas entre si por um espaço intermediário. Oriundas do continente europeu, são utilizadas desde países de clima essencialmente frio até locais onde a proximidade com o mar mediterrâneo configura temperaturas anuais médias mais amenas, como as regiões do Sul da Itália e França, Espanha e Portugal.

Ao longo do século XX, ocorreram diversas alterações de formato, disposição da cavidade intermediária e tipos de materiais utilizados, conforme pode ser visto na figura 15.

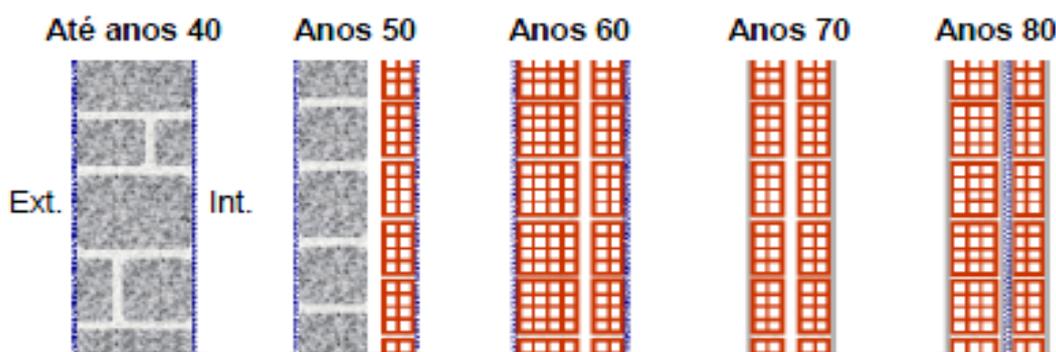


Figura 15: Evolução de fachadas duplas em Portugal até os anos 1980.
Fonte: FREITAS E ABRANTES (1995).

Face a novas preocupações energéticas e pressões ambientais, a partir dos anos 80 começaram a ser introduzidos materiais de isolamento térmico no interior da cavidade. Esta prática configurou-se tendência com a vigência de normas de regulamentadoras do comportamento térmico dos edifícios por toda a Europa.

Com objetivo de melhorar o isolamento térmico das paredes envolventes dos edifícios, surgiram soluções de reforço do material isolante, desenvolvimento de materiais de menor condutibilidade térmica e reforço do isolamento térmico pelo exterior das paredes.

O reforço do material isolante revelou-se pouco eficiente, uma vez que conduzia a grandes perdas térmicas do interior do edifício através da fachada (SOUZA, 2010). A utilização de materiais de menor condutibilidade mostrou-se mais vantajosa nesse aspecto, porém dificuldades devidas a baixa resistência mecânica e adaptação a modelos estruturais pouco usuais acabaram por inviabilizar sua utilização em larga escala.

De acordo com Souza (2010), prevaleceram alternativas de reforço térmico pelo exterior das paredes, uma vez que, além de possibilitar o uso de sistemas estruturais tradicionais, sendo possível a sua execução em edifícios previamente ocupados, apresentava as seguintes vantagens: eliminar grande parte das perdas térmicas do sistema, aumentar o conforto no interior tanto em épocas de calor quanto de frio e aumentar a vida útil do pano interior pela proteção às intempéries.

Ao decorrer dos anos 90, surgiram muitas soluções inovadoras de isolamento térmico pelo exterior das fachadas. Neste contexto, o desenvolvimento de mecanismos de ventilação incorporados às fachadas duplas tornou-se objeto de destaque, e diversas tipologias de materiais, técnicas de fixação e formas de ventilação foram desenvolvidas preconizando a aeração dos elementos de vedação exterior. Na figura 16 é mostrada a fachada de um edifício em Nova Iorque que segue o princípio de ventilação de fachadas.



Figura 16: Solução de fachada dupla ventilada com face exterior em elemento vazado
Fonte: QUALHARINI (UFRJ, 2013)

A figura 17 apresenta uma outra solução, apresentada em Genebra, aonde podem ser verificados dispositivos que promovem a circulação do ar no interior da fachada.



Figura 17: Fachada ventilada com face exterior constituída em material pré-moldado de cimento
Fonte: QUALHARINI (UFRJ, 2013)

Assim, surgia aos poucos a **Fachada Dupla Ventilada - FDV**, método construtivo que combinavam as vantagens da tipologia de parede dupla ao preceito de ventilação natural da edificação, para promover o conforto térmico no interior da edificação, melhorando seu desempenho energético.

Desde a sua concepção, este método tem sido largamente difundida pela Europa, Ásia e América do Norte. Conforme relata Poirazis (2004), o uso de fachadas duplas ventiladas nos edifícios configurou-se tendência impulsionada pela necessidade prática de ambientes internos de maior qualidade, melhoria do desempenho acústico das envoltórias e redução nos gastos de energia.

2.3. Elementos Constituintes das Fachadas Duplas Ventiladas

2.3.1. Definições

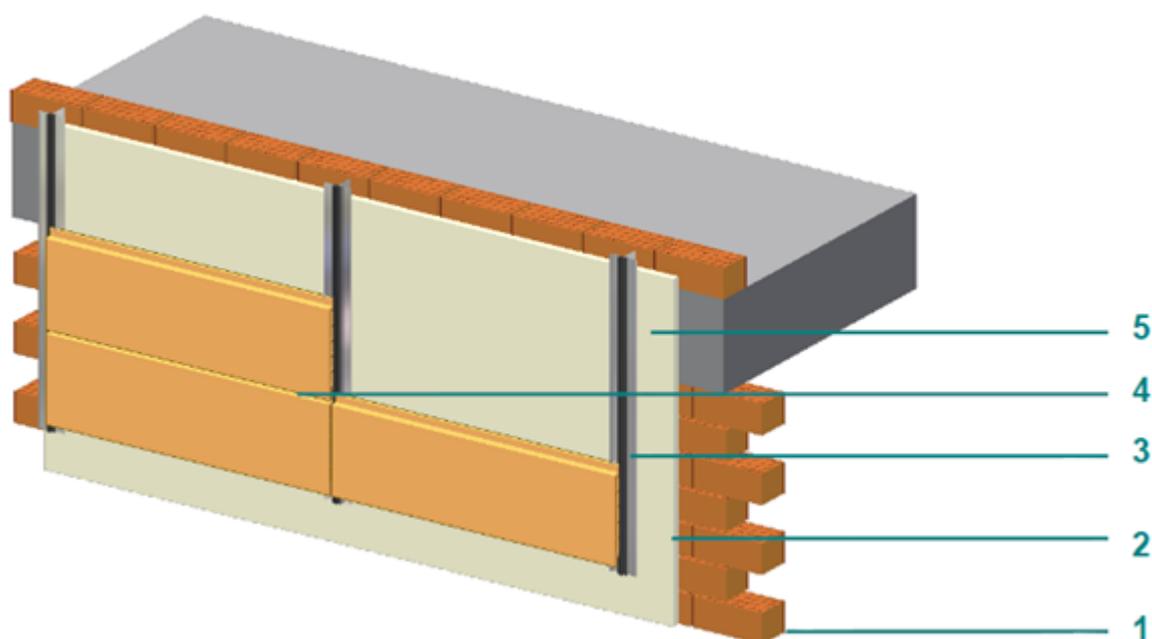
Uma fachada Dupla Ventilada é uma parede constituída por dois elementos verticais de vedação – os panos interior e exterior, separados entre si por um espaço intermediário que

contém ar em circulação – caixa-de-ar, dentro do qual podem ser introduzidos materiais isolantes térmicos para um melhor desempenho do conjunto.

A figura 18 mostra a composição básica de uma fachada dupla ventilada, seus elementos constituintes (Pano Interior, Pano Exterior, Sistema de fixação, Cavity ventilada e Isolamento térmico) e o modo de circulação do ar em seu interior.

faveton®

Partes de uma Fachada Ventilada



1) Pano Interior 2) Isolamento Térmico 3) Sistema de Fixação 4) Pano Exterior 5) Cavity Ventilada

Figura 18: Disposição dos Componentes de uma fachada dupla ventilada
Fonte: Faveton© (2011).

A existência desta cavidade entre os panos e a movimentação do ar ali contido são os responsáveis pelas propriedades térmicas do conjunto, e configuram a característica principal deste método construtivo.

O emprego da fachada ventilada permite um melhor isolamento térmico externo, mantendo o ambiente de conforto no interior da construção através da eliminação de fugas de calor interno - pontes térmicas, e da manutenção de uma temperatura intermediária na cavidade da câmara-de-ar pela expulsão do excesso de energia térmica armazenada (figura 19).

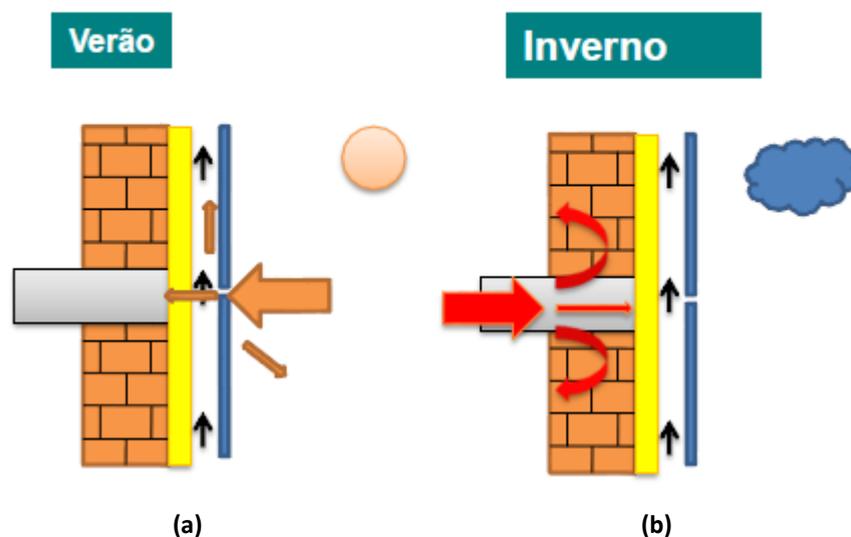


Figura 19:(a) mecanismo de dissipação de excesso de calor armazenado no verão (b) eliminação das pontes térmicas no inverno
Fonte: Faveton© (2011).

2.3.2. Pano interior

O pano interior corresponde ao elemento de vedação em contato direto com o interior do edifício e deve apresentar estanqueidade a água e ao ar. É constituído pela parede exterior da construção, e usualmente é feito dentro dos parâmetros do sistema estrutural concebido.

Em sua face interior, é revestido de acordo com a utilização do cômodo que limita, podendo ser aplicado emboço argamassado para aplicação de cerâmica, massa para pintura ou revestimento em estuque de gesso, entre outros.

Quando não houver significativas solicitações de sobrecarga, pode ser executado em alvenaria cerâmica ou em gesso acartonado. Entretanto, quando o pano exterior for afixado diretamente sobre o interior, este elemento deverá apresentar características estruturais. Em tais casos, é comum a sua construção em alvenaria de blocos de concreto ou em concreto armado.

Em seu exterior não se fazem necessários maiores tratamentos uma vez que esta face é ocultada pela vedação exterior. Entretanto, é importante a aplicação de produtos impermeabilizantes para garantir sua estanqueidade, e de argamassa de cimento – “chapisco” para a melhor adesão do material isolante, posteriormente colocado.

Há exemplos de adaptações de fachadas envidraçadas ao sistema de fachadas duplas ventiladas, quando são empregues elementos translúcidos como o vidro laminado e a pele de vidro, sustentados por trama de perfis metálicos.

Em tais casos, havendo utilização de pano exterior envidraçado, o pano interior deverá receber os mesmos tratamentos aplicáveis a fachadas simples convencionais – emboço argamassado, texturas ou pinturas, de modo a garantir não só as propriedades estanques como a estética externa da fachada.

2.3.3. Isolamento térmico

O uso de material isolante térmico é feito para complementar o desempenho do sistema, atenuando a transmissão térmica através da fachada. É utilizado quando os panos são opacos, de modo a ocultarem o material no interior da câmara-de-ar. Deve ser colocado no interior da cavidade intermediária, aplicado diretamente sobre a face externa do pano interior por meio de pinos ou parafusos próprios, especificados de acordo com o material utilizado.

Caracteriza-se por um isolamento de poros fechados, não se degradando quando em contato direto a umidade. Para sua execução podem ser empregados desde materiais feitos a base de polímeros, como espumas de poliuretano ou placas de poliestireno, até lâs minerais revestidas por folhas impermeáveis.

2.3.4. Câmara Ventilada ou Caixa-de-ar

Constituída pelo espaço intermediário criado entre os panos interior e exterior de vedação, é a cavidade onde ocorre o armazenamento do calor e sua posterior expulsão através de movimentos convectivos do ar.

Conforme será visto no capítulo, a câmara ou caixa-de-ar é o elemento-chave no funcionamento da fachada, juntamente com os dispositivos de ventilação. A existência deste espaço impede a propagação dos efeitos das intempéries às quais o pano externo é submetido - radiação solar, água da chuva, neve, para o interior, resguardando assim o ambiente habitado dos efeitos climáticos e de variações de temperatura.

Segundo Ferreira (2010), para que possa ser verificado o mecanismo de ventilação de forma eficaz, o espaço de abertura da câmara-de-ar não deve ser inferior a 2 centímetros. Quando forem utilizados materiais isolantes complementares, a recomendação é que este

valor mínimo seja alterado considerando a espessura do isolamento, de modo a respeitar a largura mínima livre de 2 centímetros para a ventilação da cavidade.

Quando se verificar a existência de instalação de aberturas no pano interior, a fim assegurar as dimensões padronizadas de peitoris e caixilharia de janelas, são adotadas larguras entre 10 a 15 centímetros.

Em fachadas compostas por vidro em um ou em ambos os panos, verifica-se uma cavidade mais larga ente eles, uma vez que nestes casos, há previsão de abertura das janelas para o interior da caixa-de-ar. A largura adotada em tais situações é variável, sendo o requisito mínimo o raio de abertura da esquadria interna.

2.3.5. Pano Exterior

O pano exterior é a parte da fachada que está exposta diretamente às intempéries provenientes do ambiente externo, e portanto deve ser dimensionado para resistir às solicitações características do clima aonde está inserido. Suas propriedades estanques exercem influência no desempenho do ambiente construído pois este elemento controla a passagem dos fatores climáticos, garantindo níveis adequados de iluminação, transferência de calor e ventilação natural através do sistema.

O comportamento do pano exterior face as ações de vento, incidência direta a radiação solar, chuva e variações térmicas é fator determinante para o bom desempenho da fachada. Este elemento deve ser capaz de dilatar-se e contrair-se sem gerar deformações excessivas, que possam por em causa suas propriedades resistentes. O pano exterior deve trabalhar livremente, de modo a não causar deformações adicionais nos demais componentes (FERREIRA, 2010).

2.3.6. Elementos de ventilação.

São componentes principais de funcionamento da fachada dupla ventilada. Realizam o contato do meio externo com o espaço intermediário da fachada, sendo os responsáveis por promover a circulação do ar contido no interior da cavidade. Os elementos de ventilação variam de acordo com a tipologia adotada e com o tipo de ventilação projetado para o sistema.

Em fachadas ventiladas naturalmente, os dispositivos de ventilação são elementos passivos, que permitem a entrada e saída do fluxo do ar no interior da cavidade através da pressão dinâmica do vento. Podem ser caracterizados por orifícios confeccionados ao longo

do pano exterior, grelhas de circulação intermediárias contidas no espaço intermediário, aberturas inferiores e superiores da câmara de ar, e até janelas instaladas no pano interior. Eles podem ser fixos, no caso de aberturas simples, ou manipuláveis, no caso de janelas e grelhas.

Em locais onde há pouca atuação de pressão do vento, a ventilação da cavidade pode ser pouco eficiente para promover a circulação do ar quente em seu interior. Em tais casos, pode-se optar pela instalação de fachadas ventiladas mecanicamente, onde além dos elementos de ventilação passivos, a circulação do ar é feita através de compressores de ar ou ventiladores.

2.3.7. Sequência Executiva

Conforme será visto ao decorrer do capítulo, existem diferentes formas de se executar uma fachada dupla ventilada. Os detalhes construtivos variam de acordo com a tipologia adotada, o elemento de suporte do pano exterior, o material utilizado em seu revestimento e o respectivo tipo de fixação.

De modo geral, a execução da FDV segue a ordem do interior para o exterior da construção, de acordo com a seguinte sequência: construção do elemento suporte, preparação do pano interior, colocação do isolamento térmico, fixação da estrutura de sustentação do pano exterior e, por fim, colocação do revestimento externo e elementos acessórios.

Em soluções de pano exterior apoiado, dependendo da resistência mecânica apresentada, o elemento de sustentação da fachada pode ser o pano interior, as lajes dos pavimentos ou ambos. Em qualquer um dos casos, este elemento é o primeiro a ser executado, uma vez que é construído juntamente com o restante do edifício.

Após sua conclusão, é preciso preparar a face externa do suporte para receber o sistema de ancoragem. O processo de preparação inclui a aplicação de emboço argamassado na face externa do pano interior, para melhor adesão do material isolante térmico; e conferência do prumo e alinhamento do pano interior e respectivas correções, de modo a não propagar imperfeições geométricas para o pano exterior.

Quando prevista, a colocação de material isolante é feita a seguir à preparação do pano interior. O isolamento térmico representa uma camada intermediária entre os panos

externo e interno. As placas de isolamento são dimensionadas de acordo com a especificação do material e dispostas no interior da caixa-de-ar, devendo ser aplicadas diretamente sobre a face externa do pano interior.

Em seguida é iniciada a instalação do sistema de fixação do pano exterior, através da perfuração do suporte e introdução das peças fixadoras. Nesta etapa é criada a cavidade intermediária entre os elementos de vedação, chamada de câmara ou caixa-de-ar. A largura da cavidade é regulada pelo ajuste da distância entre o pano interior e o plano de localização do revestimento externo.

Conforme será visto em seções posteriores, como métodos de fixação podem ser utilizadas peças metálicas ancoradas no elemento de suporte e fixadas diretamente no revestimento externo, ou conjuntos de perfis metálicos sobre os quais se encaixam os componentes do revestimento.

Uma vez pronta a estrutura de fixação, aplica-se o revestimento externo, compondo o pano exterior da fachada. Sua colocação é feita de acordo com o tipo de fixação e o material utilizado. A figura 20 mostra de modo simplificado a seqüência executiva de uma FDV fixada através de perfis metálicos.



Figura 20:seqüência executiva de FDV apoiada sobre pano externo. Da esquerda para a direita: fixação dos elementos de ancoragem, fixação dos perfis de sustentação, colocação do revestimento externo, aspecto final
Fonte: Faveton (2011)

A instalação de dispositivos de ventilação, quando distinguíveis do revestimento ou interiores à cavidade, é feita de maneira simultânea ao fechamento do pano exterior, de modo a preservar a vedação do conjunto.

Por último, são feitos os acabamentos em zonas críticas, como: esquinas externas e internas, fiadas de topo e base e encontro com demais sistemas construtivos. Esta seqüência

executiva é desenvolvida independentemente em cada fachada do edifício, havendo a posterior compatibilização entre elas.

2.4. Classificações do sistema de Fachadas Duplas Ventiladas

Segundo Mazzarotto (2011), a compartimentação da cavidade refere-se à divisão física do espaço intermediário. São apontados três tipos: fachada de múltiplos pavimentos, fachada corredor e fachada com shaft vertical, conforme a configuração da cavidade intermediária (figura 21).

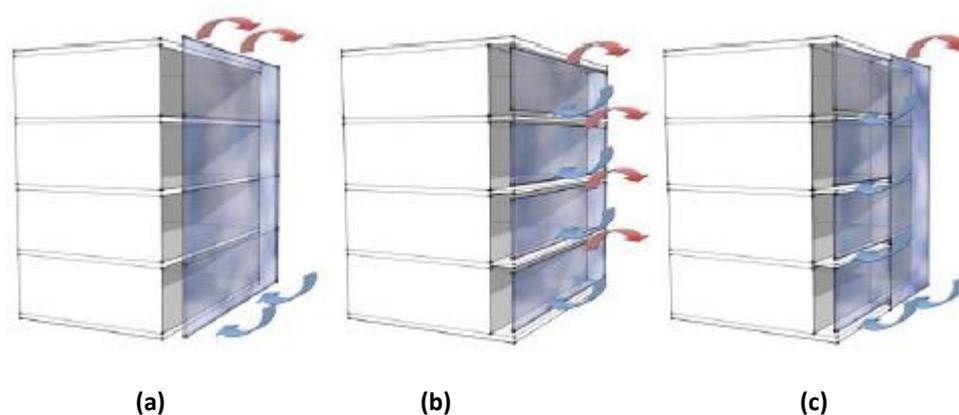


Figura 21:tipologias de fachada ventilada (a) fachada de múltiplos pavimentos, (b) fachada corredor e (c) fachada com shaft vertical. As setas azuis indicam o sentido de entrada de ar na cavidade, e as vermelhas indicam o sentido de saída.

Fonte: MAZZAROTTO (2011).

2.4.1. Fachada de múltiplos pavimentos

Esta é a tipologia mais comum de execução de fachadas ventiladas. Caracteriza-se pela existência de uma cavidade única, sem divisões horizontais ou verticais. A ventilação da cavidade realiza-se geralmente através de aberturas próximas ao chão e sobre o telhado do edifício, mas há casos onde são colocadas aberturas intermediárias entre a base e o topo da fachada (MAZZAROTTO, 2011).

A cavidade contínua potencializa as propriedades do movimento convectivo do ar, popularmente denominado efeito chaminé (HARRISON E MEYER-BOAKE, 2003). Em situações de temperatura exterior elevada, o ar aquecido pode ser expulso através de aberturas superiores, sendo substituído pelo ar fresco do exterior.

Entretanto, algumas desvantagens em potencial podem ser apontadas, uma vez que poderá haver transmissão de ruídos entre ambientes, entre andares, de fogo e fumaça através do corredor de ar.

2.4.2. Fachada Corredor

A fachada corredor corresponde à denominação dada à tipologia onde a cavidade é contínua no sentido horizontal porém dividida verticalmente por elementos físicos posicionados entre pavimentos, que segmentam a fachada em corredores independentes.

Segundo Harrison e Meyer-Boake (2003), a cavidade subdividida permite o insuflamento e exaustão do ar em cada pavimento, maximizando o potencial de uso da ventilação natural. Os problemas de superaquecimento dos andares superiores, transmissão de ruídos e de fumaça também ficam reduzidos, de modo que o emprego desta solução construtiva pode resultar em economia na construção.

2.4.3. Fachada com Shaft Vertical

Esta tipologia é uma combinação dos elementos característicos da fachada contínua e da fachada corredor: os corredores de ar horizontais se comunicam com a cavidade contínua vertical, que configura um *shaft* para assegurar o efeito de exaustão do ar de cada pavimento (UUTU, 2001).

O ar nos corredores é aquecido, e expulso através do *shaft* pela convecção do ar, através das aberturas no topo deste espaço. Segundo Mazzarotto (2011), o objetivo deste conceito de compartimentação da fachada é intensificar o efeito chaminé na cavidade e assim propiciar maior uso da ventilação natural.

De acordo com o critério de sustentação, as fachadas ventiladas se dividem em dois grupos: aquelas que possuem pano exterior auto-portante, e aquelas cuja sustentação deste elemento é feita por elementos componentes da construção - parede interna ou laje de piso do pavimento.

2.4.4. Pano exterior auto-portante

Neste caso, o pano externo não se encontra diretamente ligado ao restante da construção e pode ser visto como um elemento independente do sistema. A literatura recente não inclui este grupo na classificação de fachadas duplas, pois se trata de uma tipologia construtiva antiga e atualmente em desuso. Entretanto, como efeito criado em paredes externas é semelhante ao obtido em soluções usuais de fachada ventilada, para efeito didático, optou-se por incluir esta categoria no presente estudo.

Um exemplo desta tipologia são os chamados muros-trombe, que combinam painéis de vidro para criação da caixa-de-ar entre a parede externa da edificação (figura 22).

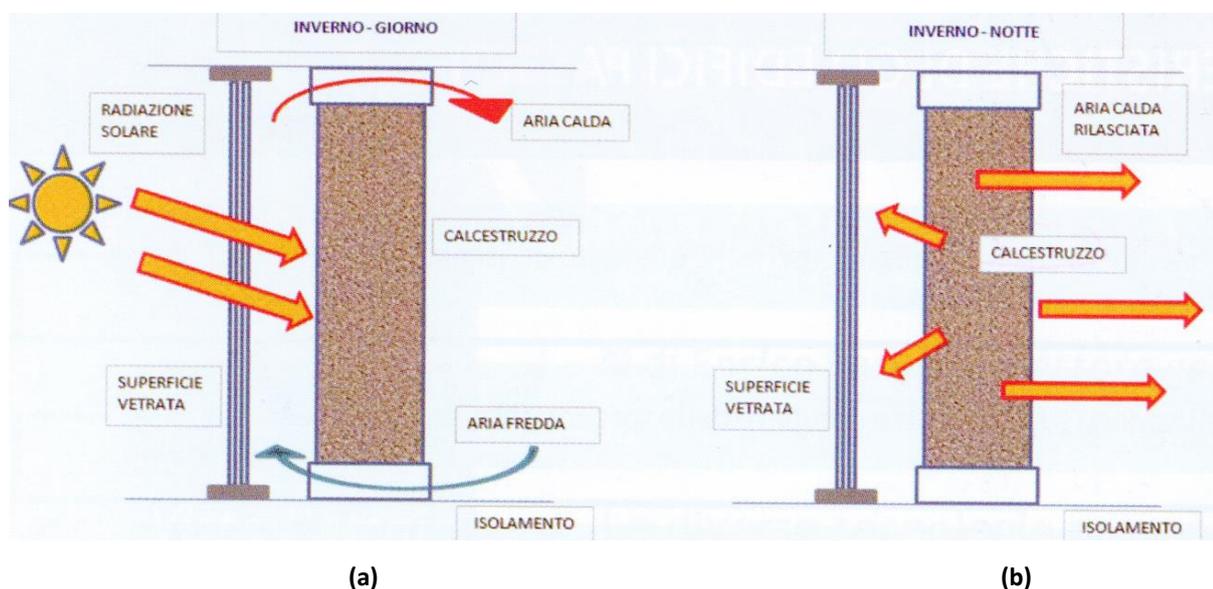


Figura 22: Funcionamento de um muro -trombe em situações de calor (a) e frio (b) no ambiente externo
Fonte: Certificatori Energetici Bergamo - www.ceberg.it – acesso em 26 de Julho de 2013.

2.4.5. Pano exterior apoiado

Este grupo ainda ser dividido em dois casos: quando o elemento de vedação interior possui resistência mecânica suficiente, sendo capaz de servir de suporte para o pano exterior; ou quando o pano interior é leve e pouco resistente e a ancoragem do pano exterior deve ser feita predominantemente sobre a laje de sustentação dos pavimentos. Esta classificação diferencia apenas o elemento sustentador da estrutura, sendo os mecanismos de fixação pouco divergentes em cada tipo de situação.

De modo geral, a fixação mecânica dos revestimentos pode ser feita diretamente no elemento suporte ou através de uma estrutura, que pode conter elementos verticais, horizontais ou ambos (SOUZA, 2010).

Em seguida são apresentadas alguns tipos de fixação, baseados em sistemas disponíveis no mercado.

A fixação direta do revestimento no suporte é feita aplicando-se *inserts* metálicos no interior das peças sustentadas, ou apoiando-as em grampos metálicos fixados nas paredes externas do edifício. Outra alternativa é a sustentação por intermédio de uma estrutura, executada intermediária, que permite também controlar a deformação transmitida do suporte ao revestimento.

2.4.5.1. Fixação por Inserts Metálicos

Os *inserts* são peças metálicas ancoradas na estrutura do edifício que conectam as placas de revestimento entre si e as fixam no elemento suporte. Estas peças suportam o peso das placas de revestimento e resistem a esforços horizontais através da sua resistência transversal ao corte.

O sistema de fixação por *inserts* foi originalmente concebido para a fixação de mármore em fachadas simples. Como pode ser visto na figura 23, As peças de sustentação ficam ocultas pelo revestimento externo, sendo imperceptíveis pelo exterior da fachada.

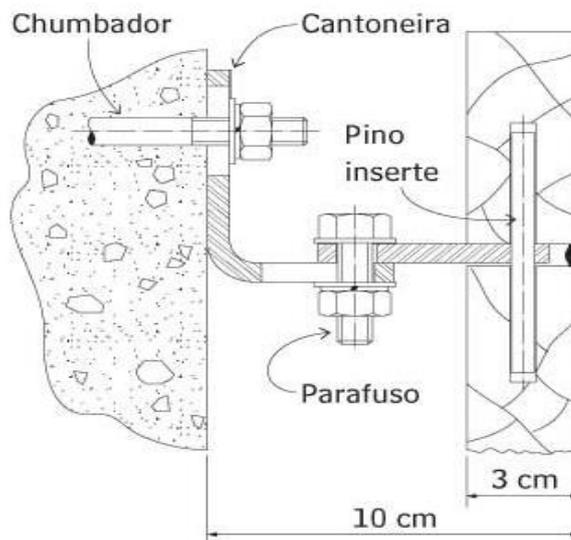


Figura 23: Representação em corte de sistema de fixação por Inserts Metálicos

Conforme salienta Loturco (2006), este tipo de fixação não constitui *a priori* uma fachada ventilada, pois demais cuidados como espessura do colchão de ar e abertura para sua circulação devem ser observados.

Foram adaptados novas geometrias e encaixes para utilização de outros tipos de materiais, como cerâmicos e derivados de concreto, em soluções em fachada ventilada. A figura 24 mostra uma adaptação para a fixação de placas de Porcelanato em viga de bordo de uma varanda.



Figura 24: Detalhe de fixação com inserts embutidos na cerâmica.
Fonte: PAIVA (2013).

2.4.5.2. Fixação por Grampos Metálicos

Um grampo é uma peça metálica no qual é apoiado o revestimento, suportando o peso próprio do elemento de revestimento e fixando-o à fachada, como apresenta a figura 25.



Figura 25: Detalhe da parte interna do grampo metálico
Fonte: PAIVA e Construtora Galwan® (2013)

Nesta solução a estrutura de fixação mostra-se à vista, podendo haver, em certas situações, cavidade que permitam a sua ocultação. A colocação do revestimento pode ser feita com sobreposição dos elementos (forma de “escama”) ou, como mostra a figura 26, com criação de juntas entre as placas.

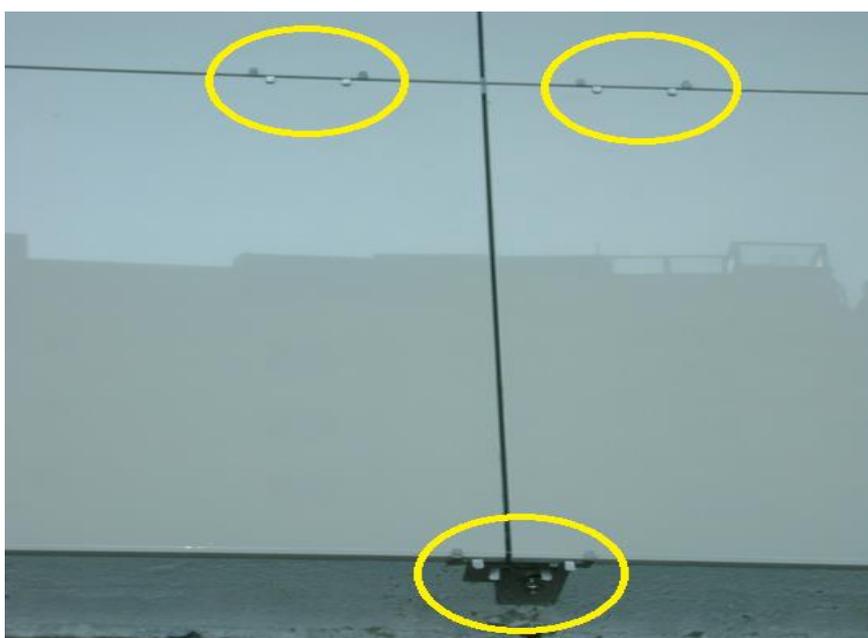


Figura 26: Aparência externa de fachada sustentada por grampos.
Fonte: PAIVA e Construtora Galwan® (2013)

2.4.5.3. Fixação por Trilhos

O funcionamento da fixação feita através de trilhos é semelhante á feita por grampos metálicos. A diferença reside no formato do elemento fixador, linear e contínuo em todo o comprimento da fachada. Os elementos de revestimento são encaixados em perfis horizontais, que suportam o peso próprio do conjunto e fixa-o ao elemento suporte (figura 27).

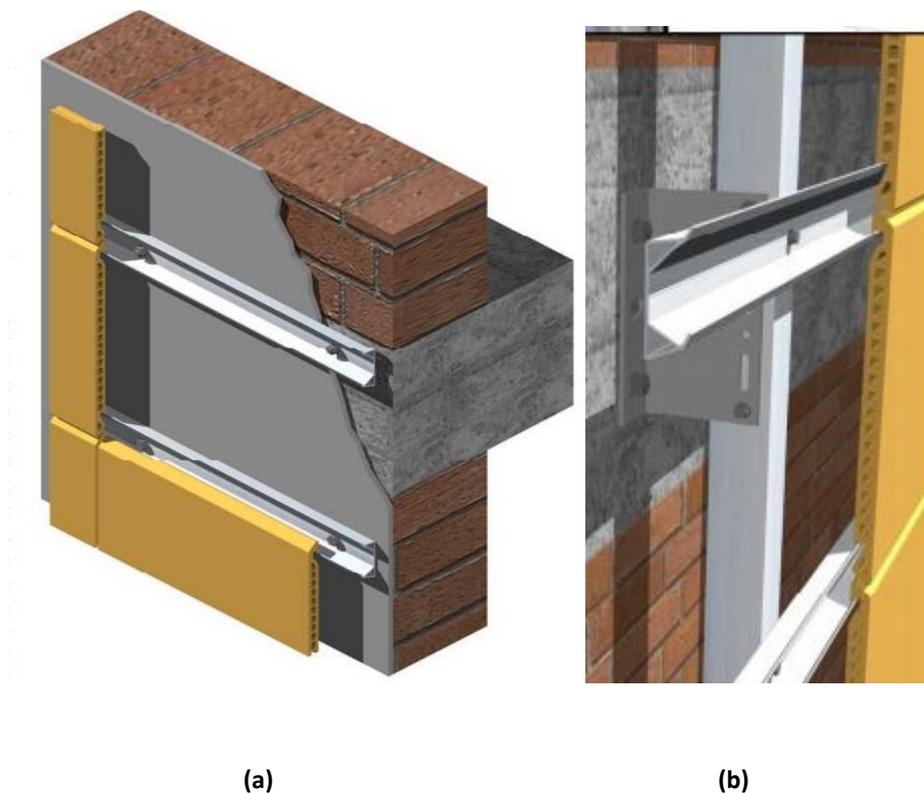


Figura 27:disposição dos elementos na fixação por trilhos (a) vista geral,(b) detalhe do encaixe entre as peças
Fonte: Faveton (2011)

Segundo Souza (2010), este sistema aplica-se a revestimentos pesados e de espessura suficiente para permitir a existência de um entalhe na seção transversal das peças de revestimento, através do qual são encaixadas nos perfis de fixação.

Adaptável à geometria do pano interior e ao uso de demais elementos construtivos, este é um tipo de fixação oculta que apresenta a vantagem de não ser necessário executar furos nas laterais do revestimento, o que confere uma maior agilidade na etapa de colocação de

placas. A existência da estrutura intermediária de fixação permite também controlar a deformação transmitida do suporte ao revestimento.

2.5. Revestimentos do elemento de vedação externo

Existem diversas tipologias de materiais utilizados na execução do pano externo de uma fachada dupla ventilada: desde sistemas tradicionais, como alvenaria de blocos cerâmicos, até adaptações para estruturas apoiadas no pano interno de vedação. Esta última tem sido mais utilizada em construções recentes, à medida que materiais amplamente utilizados em revestimento de parede simples vem sofrendo adaptações para aplicação de acordo com a técnica executiva da FDV.

A seguir serão abordados alguns materiais utilizados para execução de fachadas duplas ventiladas nas últimas décadas.

2.5.1. Concreto Polimérico:

Utilizando uma combinação de agregados de sílica e quartzo ligados por resinas de poliéster, este material possui resistência mecânica quatro vezes maior que o concreto convencional, permitindo a sua confecção em lâminas delgadas e leves. Sua reduzida absorção de água garante alta estanqueidade ao conjunto.

O revestimento em concreto polimérico é feito através de placas pré-fabricadas, fixadas diretamente sobre o pano interior da fachada, conforme mostra a figura 28.



Figura 28:FDV em placas pré-fabricadas de concreto polimérico

Fonte: Ulma Architectural Solutions – www.ulmarchitectural.com – acesso em 28 de Julho de 2013.

2.5.2. Alumínio Perfilado.

Composto de um perfil de alumínio contínuo fixado no pano interior por cantoneiras metálicas. O perfil constitui a própria sub-estrutura e os elementos de acabamento, e possui elevada resistência aos agentes atmosféricos e a processos químicos de corrosão, além de apresentar baixo peso específico.

Segundo Souza (2010), como este material já foi muito utilizado em fachadas simples em elementos destinados a proteções solares, a sua generalização para a restante fachada foi uma tendência natural. A fusão entre a fachada ventilada e as proteções solares é uma solução muito do gosto dos arquitectos, criando um revestimento contínuo sem a interrupção das aberturas como as janelas (figura 29).



Figura 29:FDV em estrutura metálica.

Fonte: Hunter Douglas – www.hunterdouglascontract.com – acesso em 28 de Julho de 2013.

2.5.3. Vidro.

A fachada ventilada revestida em vidro possui efeito estético semelhante à pele de vidro, diferindo no sistema construtivo adotado. De acordo com Souza (2010), As fachadas em vidro são muito interessantes para a recuperação de edifícios em que não seja necessário garantir a manutenção da fachada original.

Esta solução pode apresentar métodos de sustentação de modo que o suporte não seja visível pelo exterior do edifício, e contempla a possibilidade de aberturas para o interior da

caixa-de-ar, de modo a promover uma melhor regulação da temperatura interna do ambiente e acesso a limpeza da cavidade.

Os tipos de vidro aplicáveis a fachada são os vidros impressos, reflectivos, temperados, laminados e aramados e podem assumir geometria diversificada, sendo planos, ondulados segundo a forma retangular ou em lâmina (figura 30).

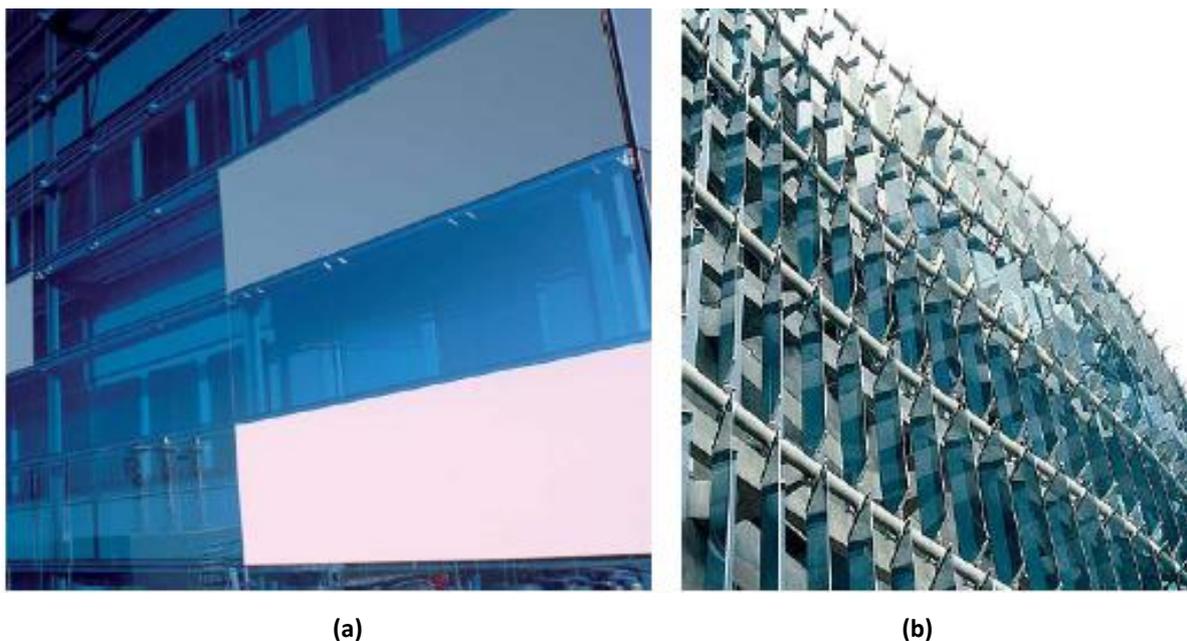


Figura 30:FDV revestida em vidro (a) em elementos retangulares e (b) em lâminas, semelhantes a *Brisés-Soleil*
Fontes: Hunter Douglas – www.hunterdouglascontract.com, Centro da Cultura Judaica de São Paulo - www.culturajudaica.org.br – acessos em 28 de Julho de 2013.

2.5.4. Madeira.

De acordo com Souza (2010), a aplicação de madeira em fachada divide-se em dois grupos: *madeira maciça* e *derivados de madeira*.

O primeiro grupo também é designado como madeira modificada pois faz uso de tratamentos químicos, de modo a garantir sua resistência face a solicitações climáticas adversas, estabelecendo uma manutenção mínima necessária. O processo de tratamento submete a madeira a elevadas temperaturas a fim de eliminar a maior parte de sua umidade e assim aumentar sua resistência mecânica. Os elementos em madeira maciça são limitados pelo tamanho dos troncos, sendo o ripado uma solução tradicional adotada (figura 31).

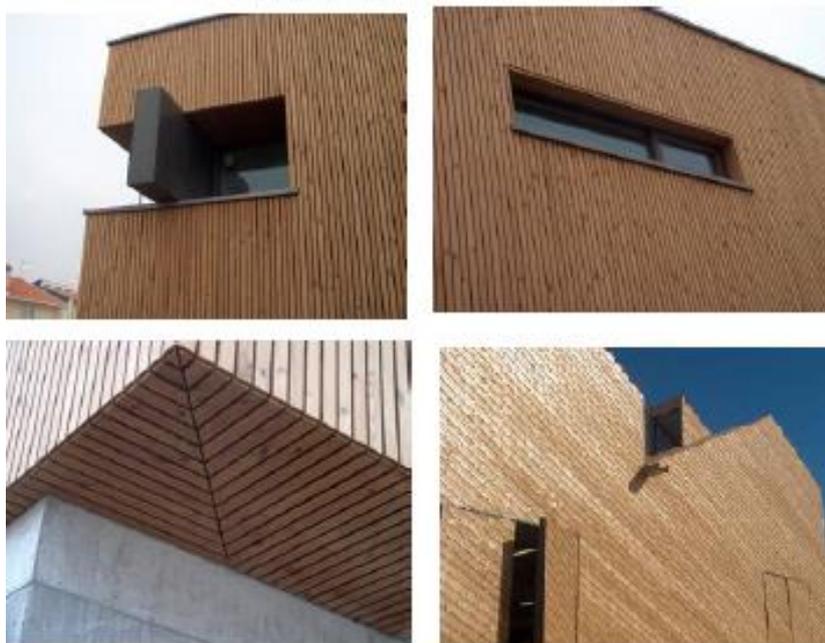


Figura 31: exemplos de fachadas em madeira modificada em forma de ripado
Fonte: PINTO (2006) - engenhariacivil.files.wordpress.com , Banema madeiras e derivados – www.banema.pt – acessos em 26 e 27 de Julho de 2013.

O segundo grupo abrange painéis aglomerados, OSB, MDF, placas de elevada densidade e painéis de partículas de madeira aglutinadas com cimento. Assim como a madeira modificada, estes materiais passaram por diferentes tratamentos químico-físicos para obter resistência mecânica elevada face a solicitações de variações climáticas. Entretanto, suas dimensões não são limitadas pela geometria dos troncos, e estão disponíveis em diferentes tamanhos padronizados.

2.5.5. Cerâmica.

O emprego de placas cerâmicas no pano exterior associa as vantagens do sistema construtivo às características térmicas e estéticas do material cerâmico, originando um sistema de alta eficiência térmica.

As formas mais comuns de fixação deste tipo de revestimento são através de *inserts* e grampos metálicos, entretanto existem soluções onde se desenvolvem cerâmicas em forma de régua ou lâmina, podendo a sua fixação ser fixa ou móvel, à semelhança de algumas soluções em metal (SOUZA, 2010).

Na figura 32 são mostrados revestimentos cerâmicos em diferentes formatos em aplicações de fachadas ventiladas.



(a)

(b)

Figura 32: Fachadas Ventiladas em (a) painéis cerâmicos e (b) lâminas cerâmicas
Fonte: Hunter Douglas – www.hunterdouglascontract.com – acesso em 28 de Julho de 2013.

3. PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO E EXIGÊNCIAS NORMATIVAS DE DESEMPENHO DE FACHADAS DUPLAS VENTILADAS

3.1. Princípios de Funcionamento do sistema de fachadas duplas ventiladas

3.1.1. Conforto Térmico e Radiação Solar

Conforto térmico pode ser definido como o estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico (EN ISO 7730), e está diretamente relacionado com as trocas de calor entre o meio ambiente e o corpo humano.

A exigência fundamental para a existência do conforto é assegurar, independentemente das condições ambientais externas, o equilíbrio térmico entre o ambiente habitado e o corpo de seus ocupantes, de modo que os mecanismos termo-reguladores do corpo humano se encontrem num estado de mínima atividade.

O equilíbrio térmico pode ser alcançado sob condições de conforto quando se consegue conservar a temperatura interna do corpo a um valor constante de $37\pm 0,8$ °C. Quando essa situação é mantida, pode-se dizer que o calor gerado pelo organismo é trocado proporcionalmente com o ambiente em redor, não havendo acumulação nem perda excessiva, atingindo-se a condição conhecida como Neutralidade Térmica. (SILVA, 2010)

Quando a radiação solar atinge determinada superfície, uma parcela é transformada em calor, ocasionando um aumento gradativo de temperatura. Após determinado período de exposição, o acréscimo de calor passa a ser dissipado pela superfície para o seu entorno. O corpo aquecido por radiação direta inicia um processo de aumento a temperatura do ar no ambiente no qual está inserido.

Em edifícios expostos a incidência de raios solares, o fenômeno da radiação ocorre nas paredes que constituem sua envoltória, de modo intensificado sobre aquelas viradas diretamente para a trajetória solar. Tal situação leva a grandes variações de temperatura no interior das habitações, causando elevado desconforto térmico nos usuários.

Em regiões tropicais, onde a temperatura média anual atinge valores da ordem de 30 °C, a manutenção da Neutralidade Térmica no interior das construções representa um desafio em comparação a projetos realizados em climas mais amenos. Portanto, em muitas metrópoles brasileiras, a proteção a radiação solar deve ser entendida como elemento indispensável nos projetos arquitetônicos.

Para evitar que o ganho de calor por radiação cause aumentos de temperatura nos ambientes internos do edifício superiores aos níveis de conforto, é preciso impedir a entrada inicial do calor no espaço.

De acordo com Mazzarotto (2011), verifica-se um controle dos ganhos de calor por radiação solar em edifícios com fachadas duplas ventiladas, obtido através da capacidade que a caixa-de-ar da fachada possui de absorver parte da radiação incidente.

A existência desta cavidade entre os panos constituintes faz com que o pano interior não propague os efeitos da radiação para o ambiente habitável, resguardando-o da troca de calor com o exterior e proporcionando maior estabilidade da temperatura interna.

Além disso, devido a mecanismos de circulação do ar em seu interior, a fachada dupla ventilada é capaz de promover o resfriamento constante do pano interior. Estes mecanismos serão abordados com maior detalhamento em seções posteriores neste capítulo.

A figura 33 mostra esquematicamente o comportamento de uma fachada dupla exposta a incidência direta de radiação.

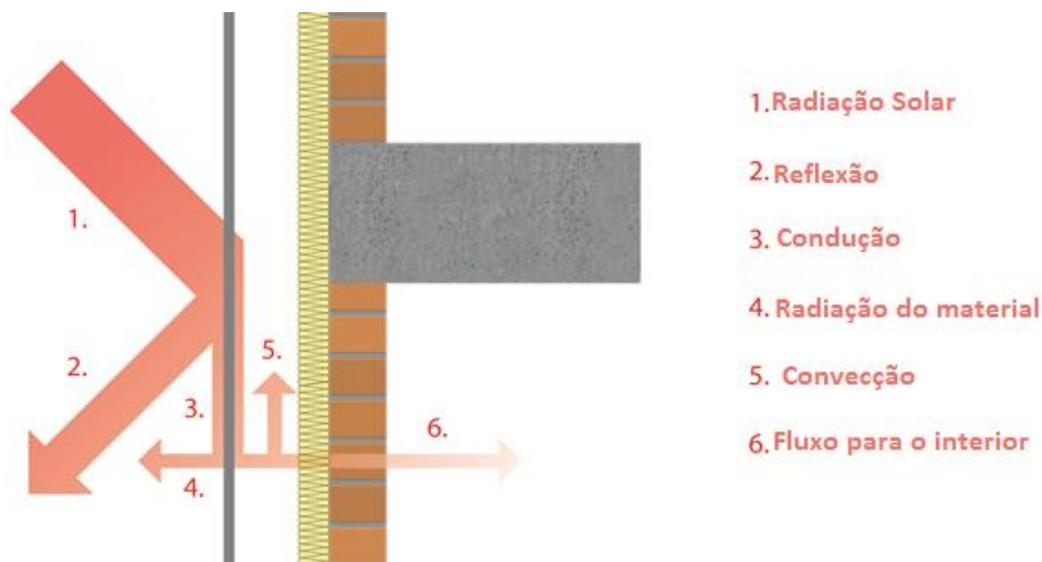


Figura 33: Representação esquemática da radiação direta sobre FDV

Fonte: Incoperfil - www.incoperfil.com/la-fachada-ventilada-cms-1-50-117 - acesso em 25 de Julho de 2013.

3.1.2. Inércia térmica

A Inércia Térmica de um sistema caracteriza-se pela resistência que ele oferece a fatores que promovem a alteração de seu estado termodinâmico.

De acordo com Lima (1995), a inércia térmica tem origem na capacidade que os materiais possuem de armazenar calor. Quanto maior essa capacidade, mais facilmente os

sistemas térmicos absorvem as solicitações sem alterarem radicalmente seu estado termodinâmico.

Este conceito está diretamente relacionado ao desempenho térmico de uma construção, a medida que níveis de conforto térmico maiores serão proporcionados conforme maior for sua capacidade de manter seu estado termodinâmico minimamente alterado.

Ainda segundo Lima (1995), edifícios de alta inércia térmica tendem a armazenar a energia recolhida do ambiente por períodos mais longos e amenizar a os efeitos das variações climáticas. Níveis elevados desta propriedade nas construções podem contribuir para a prevenção do sobreaquecimento, causado pelo aumento acentuado da temperatura exterior e pelos ganhos provenientes da radiação solar, bem como proteger o ambiente habitável de picos diurnos de temperatura, verificados sobretudo nas estações mais quentes.

Em fachadas duplas, a da caixa-de-ar contribui para o aumento da capacidade térmica da envoltória da edificação, pois é capaz de reter em seu interior parte do calor proveniente do ambiente externo. A retenção do calor contribui para o conforto também em dias de frio, quando há a tendência de inversão do sentido da troca térmica através da parede.

Como a diferença de temperatura entre o ambiente interior é menor em relação ao interior da caixa-de-ar do que em relação ao ambiente exterior, a temperatura interna da cavidade passa a ter valor intermediário entre o meio ambiente e o interior da construção. O resultado é uma distribuição mais uniforme da temperatura através da fachada, que contribui para atenuar o fluxo térmico existente, conferindo maior estabilidade da temperatura no ambiente habitado.

A presença dos elementos de ventilação resulta no aprimoramento da capacidade térmica conferida pela caixa-de-ar, pois em dias quentes possibilitam a dissipação do excesso de energia calorífica armazenada através de sua condução ao exterior, enquanto em dias frios a ventilação impede o acúmulo de umidade na cavidade. A existência da camada intermediária de ar aquecido e a manutenção de baixo teor de umidade amenizam as perdas de calor conduzidas do interior da habitação para o ambiente externo - fenômeno conhecido como Ponte Térmica, conferindo melhor isolamento ao sistema.

A figura 34 demonstra o funcionamento em situações de frio e de calor intensificados. Na primeira situação, pode-se observar a diferença entre a temperatura exterior (-7°C) e a

interior (24°C), mantida pela temperatura intermediária da cavidade (7°C) criada quando os dispositivos de regulação da fachada (aberturas) encontram-se fechados. Na segunda situação, apesar de elevada sensação térmica no exterior, a temperatura de conforto (24°C) é conservada no ambiente habitado devido a dissipação do calor através cavidade, mantendo-se os dispositivos de ventilação abertos (MEYER-BOAKE,2003).

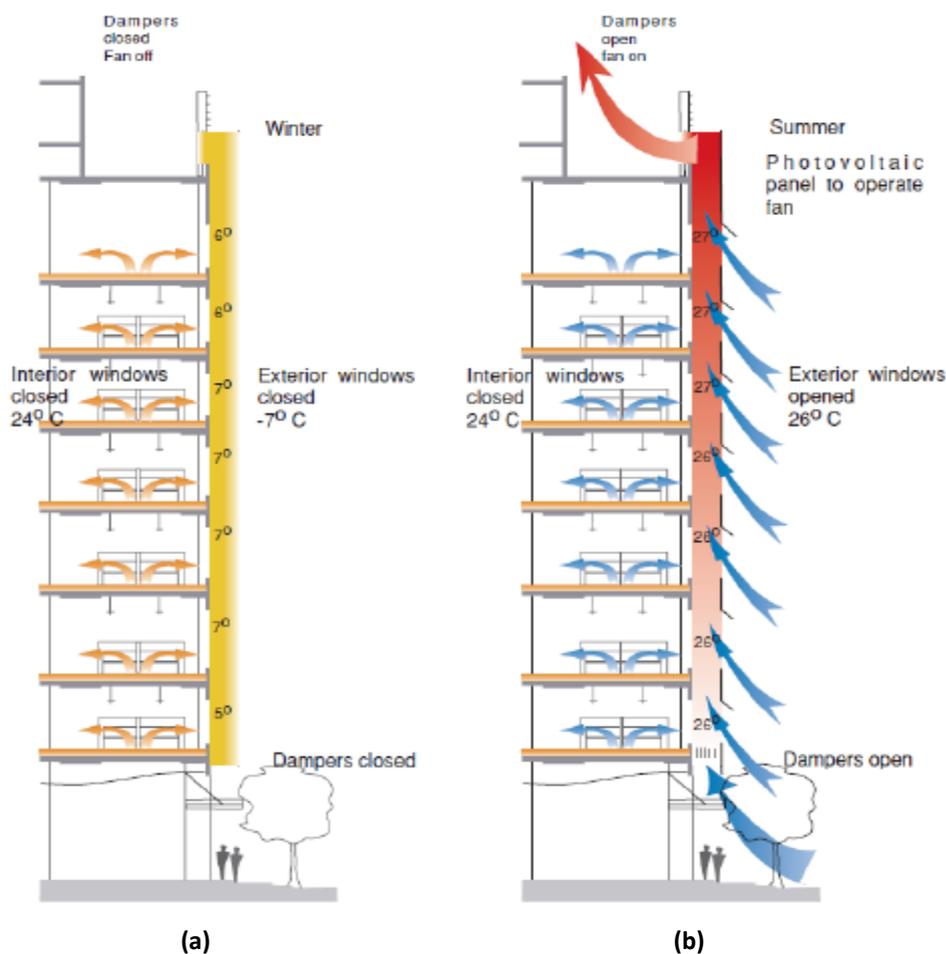


Figura 34: Funcionamento da fachada (a) no frio e (b) no calor. Observa-se a manutenção da temperatura de conforto no interior do edifício em situações adversas.

Fonte: MEYER-BOAKE (2003)

A combinação dos elementos constituintes das fachadas ventiladas propicia o amortecimento da variação de temperatura do meio ambiente para o interior da construção, aumentando assim a inércia térmica das paredes constituintes da envoltória tanto no verão quanto no inverno.

Desta forma, edificações que empregam fachadas duplas ventiladas podem apresentar maiores níveis de desempenho face a solicitações térmicas, devido a melhoria da sua

capacidade térmica e isolamento causadas pelo aumento da inércia térmica do sistema de envoltória.

3.1.3. Pressão do Vento e Convecção do Ar

O que caracteriza uma fachada dupla ventilada é a existência de elementos que promovem a circulação do ar contido no espaço intermediário criado entre os panos interior e exterior da parede. A figura 35 demonstra esta característica.

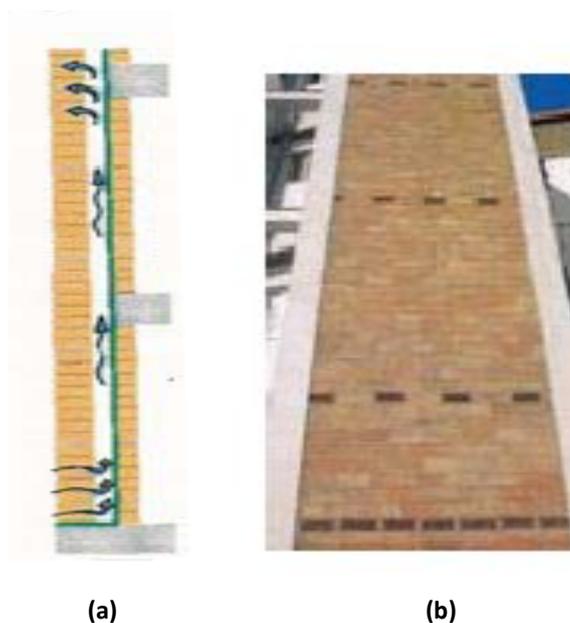


Figura 35 - Representação de fachada dupla ventilada(a) Corte esquemático e (b) vista frontal mostrando aberturas para circulação do ar interno
Fonte: FERREIRA (2010)

Conforme mencionado anteriormente, a troca do ar no interior da cavidade possui efeitos benéficos ao desempenho térmico da edificação, tanto em situações de ganho de calor externo (dias quentes) quanto em situações de perda do calor gerado no interior (dias frios), pois auxiliam a dissipação de energia e de umidade na caixa-de-ar.

A ventilação da cavidade pode ser feita de modo natural ou mecanicamente. Além das condições climáticas do entorno e da geometria da cavidade, de acordo com Mazzarotto (2011), o comportamento do fluxo criado varia de acordo com a forma de ventilação e a resistência ao movimento do ar dos elementos adotados. Estes determinam o padrão do fluxo e a distribuição do calor através da fachada.

Nas fachadas ventiladas o ar é movimentado através de dois mecanismos: a pressão do vento e o movimento convectivo do ar.

A ação do vento no ambiente externo cria diferenças de pressão atmosférica entre o exterior e o interior da cavidade, promovendo a circulação do ar contido entre os panos da fachada. Segundo Mazzarotto (2011) a pressão do vento é a principal responsável pela movimentação do ar na cavidade e aeração do pano interior nas fachadas ventiladas naturalmente. Nas fachadas ventiladas mecanicamente, este efeito é conseguido através do uso de equipamentos motorizados – ventiladores ou compressores de ar.

A convecção do ar atua na remoção do calor através do fluxo criado: à medida que é aquecido, o ar contido no espaço intermediário torna-se menos denso e sobe, dando lugar ao ar mais fresco proveniente do exterior através de cavidades inferiores. O ar quente passa a ocupar posições cada vez mais elevadas dentro da fachada, até sair pelas aberturas superiores (figura 36).

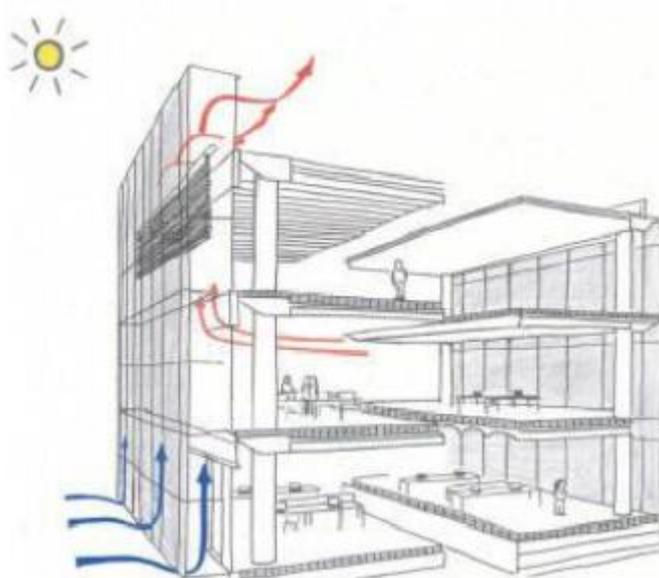


Figura 36:fluxo de calor ascendente criado pela convecção do ar no interior da fachada dupla ventilada. As setas vermelhas indicam ar quente e as azuis indicam ar fresco.

Fonte: POIRAZIS - <http://www.lth.se/> - acesso em 28 de Julho de 2013.

O bom desempenho da fachada dupla ventilada é resultante do trabalho conjunto entre estes dois efeitos, obtido através do correto dimensionamento dos elementos do sistema. A disposição deve ser feita de modo a permitir a interação entre ambas as forças.

Havendo deficiência no mecanismo de expulsão do ar, o calor contido na cavidade poderá se irradiar para o interior da construção, sobreaquecendo-a em épocas quentes. Por outro lado, se houver sobredimensionamento das aberturas do pano externo, nos dias frios a criação da temperatura intermediária na caixa-de-ar ficará comprometida, dificultando a manutenção do conforto térmico no ambiente habitado.

O funcionamento correto do sistema é fundamental para manter níveis satisfatórios de conforto e influencia no gasto necessário com sistemas de climatização, determinando assim o desempenho energético da edificação.

3.2. Exigências Normativas para o desempenho das fachadas duplas ventiladas

As definições de habitabilidade e desempenho do ambiente construído dizem respeito tanto ao bem-estar dos ocupantes em relação ao tipo de atividade prevista para o espaço, quanto ao impacto que a construção gera no ecossistema aonde está inserida. É notável que este tipo de avaliação possua natureza subjetiva e parâmetros de quantificação em constante processo de definição e aprimoramento.

Frequentemente incentivados por pressões ambientais nas últimas décadas do século XX, alguns países tomaram a iniciativa de elaborar documentos normativos para padronizar requisitos a serem atendidos pelos produtos lançados pelo mercado da construção civil; em muitos destes países, notoriamente no continente europeu e norte-americano, tais documentos passaram a vigorar sob forma de lei (SOUZA, 2010).

No Brasil, é notável a deficiência das construções em atender parâmetros de habitabilidade, sobretudo no aspecto do conforto térmico no interior do ambiente construído. Em 2013 foi publicada a NBR 15.575 – Desempenho de Edificações habitacionais de até cinco pavimentos. A exemplo das iniciativas ocorridas na Europa e nos Estados Unidos, esta norma visa avaliar o desempenho de sistemas construtivos componentes das edificações e, para tal, baseia-se em normas internacionais de desempenho.

A presente seção destina-se a expor algumas das principais exigências de desempenho aplicáveis a sistemas de fachadas ventiladas. Serão analisadas os requisitos e critérios de avaliação em documentos técnicos que são referência nos países onde foram desenvolvidos. Para uma análise de parâmetros contextualizados dentro da realidade brasileira, serão

analisadas as exigências para sistemas de vedação vertical de acordo com a recém-elaborada norma brasileira de desempenho, devido a inexistência de normatização específica para fachadas ventiladas no Brasil.

3.2.1. Exigências para Fachadas Duplas

Como as paredes duplas são empregadas desde fins dos anos 80 por toda a Europa, as normas europeias possuem maior credibilidade para especificações técnicas deste sistema. Segundo Souza (2010), em Portugal, a NP EN 13830 fornece as principais características e requisitos de desempenho para as fachadas duplas e os respectivos critérios de ensaio, de modo a garantir a conformidade com requisitos essenciais que os produtos de construção civil devem atender no país.

Esta norma se aplica principalmente a paredes dupla de revestimento externo – fachadas duplas ou “fachadas – cortina”, constituídas em materiais metálicos, de madeira ou plásticos e orientadas a até 15º com o plano horizontal. A NP EN 13830 avalia o desempenho das fachadas duplas de maneira global, especificando requisitos como: Resistência a ação do vento; peso próprio; resistência ao impacto; estanqueidade e permeabilidade ao ar e ao vapor d’água; isolamento térmico e acústico; resistência, propagação e reação ao fogo; dilatações térmicas e movimentação específica do edifício; resistência mecânica a efeitos sísmicos, choque térmico e cargas permanentes horizontais; durabilidade; equipotencialização (NP EN 13830, 2009).

O sistema também é caracterizado por cada elemento constituinte separadamente, e para isso são feitas, quando necessário, referências às respectivas normas técnicas especificadas para cada tipo de produto incorporado e especificados os procedimentos de avaliação da conformidade dos mesmos.

O desempenho da fachada dupla é avaliado pelo *Ensaio de Tipo Inicial (ITT, Initial Type testing)* e pelo *Controle Interno de Produção (EPC, Factory Production Control)*.

O primeiro apresenta uma sequência de ensaios feitos sobre um modelo representativo do produto em questão, a fim de avaliar a conformidade aos requisitos mencionados. O teste é conduzido através da seqüência descrita na tabela 1 (NP EN 13830, 2009):

Tabela 1- Sequência de testes executados no Ensaio de Tipo Inicial
 Fonte: NP EN 13830, 2009

Etapa	Teste Executado
1	Classificação da permeabilidade ao ar
2	Classificação da estanqueidade à água, sob pressão estática
3	Ensaio de resistência à ação do vento no estado –limite de utilização
4	Repetição do primeiro teste para confirmar a classificação da resistência ao vento
5	Repetição do segundo teste para confirmar a classificação da resistência ao vento
6	Ensaio de segurança à pressão para definir resistência à ação do vento no estado limite-último.

O segundo caracteriza o controle de produção realizado a fim de garantir a manutenção das características de desempenho mencionadas, e a sua realização, em Portugal, é de responsabilidade do fabricante. Os procedimentos aplicados devem seguir as seguintes operações (NP EN 13830, 2009): especificação e verificação da matéria-prima e componentes da fachada; controles e ensaios realizados durante o processo de fabricação; verificação e ensaios dos produtos finalizados; descrição das não-conformidades encontradas e respectivas ações corretivas.

Demais exigências atribuídas a Fachadas Duplas e Fachadas Duplas Ventiladas, bem como as normas internacionais aplicáveis a cada requisito encontram-se listada no anexo A.

3.2.2. Exigências de ventilação para fachadas duplas ventiladas

Para ser caracterizada como ventilada, uma fachada dupla deve incluir um espaço intermediário onde é feita a circulação do ar contido entre a camada de isolamento térmico e o revestimento externo.

Este espaço deverá permitir a eliminação da umidade que possa surgir através do revestimento exterior ou de eventuais condensações que ocorram na interface do elemento construtivo. (SOUZA, 2010).

A existência da caixa-de-ar é também importante para preservação da fachada, uma vez que a presença de umidade prejudica os materiais sensíveis à água e induz a propagação de mofo e bolor no interior da edificação.

Para uma ventilação eficiente do interior da fachada, deve-se evitar eventuais perdas de carga através da mesma. De acordo com Souza (2010), as normas francesas CPT 3316, *Ossature bois et isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un constant de traditionalité* (CSTB, 2001) e CPT 3914, *Ossature métallique et isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un constant de traditionalité* (CSTB, 2000) estabelecem algumas diretrizes, a seguir enunciadas.

A largura destinada ao espaço intermediário deve possuir um valor nominal de 2 (dois) centímetros nas regiões de seção mais estreita, de modo a promover um fluxo de ar mínimo através da fachada. Entretanto, de acordo com a CPT 3316 – CSB (2001), em fachadas que apresentem alta permeabilidade, devida a juntas de abertura no pano exterior, este valor pode ser reduzido para 1,5 cm.

Da mesma forma, os dispositivos que promovem a ventilação natural do sistema precisam possuir seção transversal larga o suficiente para permitir a aeração mínima. O valor da largura mínima é dado pela equação dada seguir, e seu emprego está condicionado ao tipo de material utilizado.

$$S = \left(\frac{H}{3}\right)^{0,4} \times 50 \quad \text{- Eq. 1}$$

Onde:

S – área (em cm^2) da seção transversal de uma abertura de ventilação

H – Altura (em m) total da fachada

Sendo a subestrutura da fachada feita em madeira, os valores de S fornecidos pela equação 1 devem respeitar os seguintes limites apresentados na tabela 2, estabelecidos de acordo com a altura H da fachada (CPT 3316 – CSB, 2011).

Tabela 2: seção transversal de uma abertura em função da altura total da fachada.

Fonte: CPT 3316 – CSB, 2011

S (cm²)	H (m)
50	até 3 m
65	3 a 6 m
80	6 a 10 m
100	10 a 18 m
120	18 a 24 m

Para alturas superiores a 24 m, de forma a evitar altas velocidades de circulação de ar, caixa-de-ar deve ser dividida em compartimentos cujas dimensões atendam a equação 1 , possuindo altura máxima de 24m.

Em subestruturas metálicas, os limites máximos para os valores fornecidos pela equação 1 são dados pela tabela 3 (CPT 3914-CSB,2000).

Tabela 3: seção transversal de uma abertura em função da altura total da fachada em subestrutura metálica

Fonte: CPT 3914-CSB,2000

S (cm²)	H (m)
50	até 3 m
65	3 a 6 m
80	6 a 10 m
100	10 a 18 m

Para alturas superiores a 18 m, uma vez que as estruturas metálicas estão mais sujeitas a efeitos vibratórios, a caixa-de-ar deve ser dividida em compartimentos cujas dimensões atendam a equação 1, possuindo altura máxima de 18m.

Quando a permeabilidade da fachada for elevada, devido a juntas de aberturas no pano exterior, a seção de entrada e saída do ar no interior da caixa-de-ar pode ser adaptada a seguinte equação.

$$S = \left(\frac{H}{3}\right)^{0,4} \times 17,5 - \text{Eq. 2}$$

Devido a mudança de direção do plano, as zonas localizadas nos cantos das fachadas estão mais vulneráveis às ações de intemperismo do que as demais e configuram locais propícios ao surgimento de correntes de ar horizontais, devido a ação do vento. Para evitar essa situação, os cantos devem ser isolados dos alçados adjacentes através da inserção de elementos que compartimentem a caixa-de-ar nestas regiões, separando-a do restante da

fachada (figura 37). Executado em madeira ou estrutura metálica, este elemento é essencial para garantir a estanquidade do sistema.

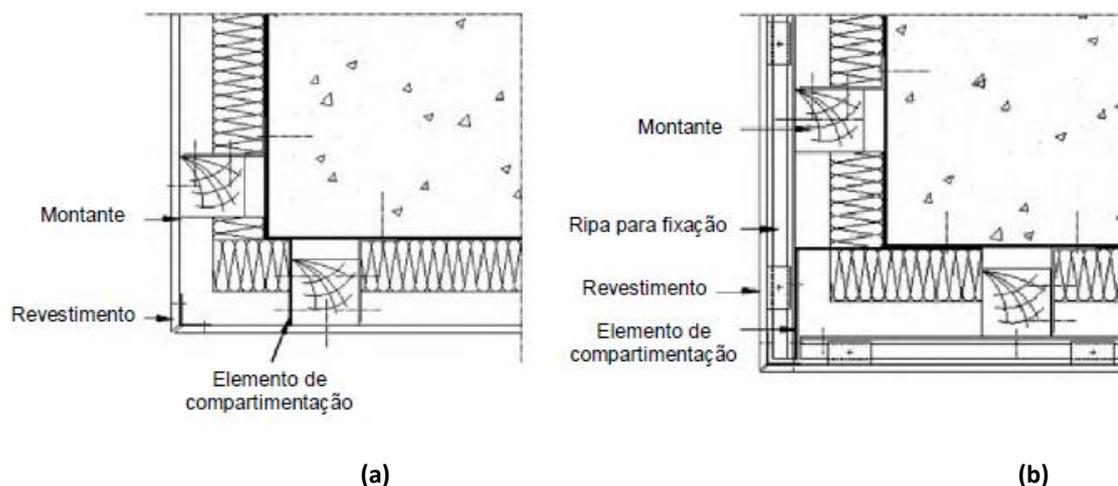


Figura 37 – Compartmentação em canto de fachada (a) com montantes metálicos e (b) com estrutura complementar em madeira

Fonte: CPT 33116- CSB, 2001 e CPT3914 – CSB,2000.

3.2.3. Exigências para os materiais de isolamento térmico

Conforme indica Souza (2010), em termos de diretrizes de desempenho em sistemas de isolamento térmico, a certificação ACERMI, desenvolvida na França, é uma referência internacional no assunto, sendo amplamente utilizada na União Européia. Esta certificação se baseia no acervo de documentação francesa, que é bastante desenvolvido em relação a tipologias de fachadas ventiladas (*bardage rapporté*).

A implementação dos isolamentos é definida em função das necessidades térmicas de cada tipo de edificação, obtidas a partir de características definidas em normas europeias. A certificação ACERMI define níveis de aptidão dos materiais em cada sistema, caracterizados como níveis ISOLE. Seus parâmetros estão definidos na tabela 4.

Tabela 4:Características e níveis de utilização segundo a certificação ACERMI
 Fonte: CPT 33116- CSB, 2001 e CPT3914 – CSB,2000.

Característica		Efeito	Níveis
I	Compressibilidade	deformabilidade do material isolante	1 a 5
S	Estabilidade dimensional	estabilidade dimensional sob efeito de variações de temperatura e umidade e solicitações mecânicas	1 a 4
O	Comportamento à água	comportamento em ambientes úmidos, absorção de água e impermeabilidade	1 a 3
L	Comportamento mecânico	resistência mecânica à flexão e coesão	1 a 4
E	Permeabilidade ao vapor d'água	Capacidade de resistir à passagem do vapor d'água	1 a 5

Os níveis mínimos de desempenho para sistemas de fachadas duplas ventiladas, definidos nas normas francesas CPT 33116- CSB, 2001 e CPT3914 – CSB,2000, são apresentados na tabela 2, sendo: nível de desempenho 2 para comportamento à água (O-2) relativo a isolamentos não hidrófugos e nível de desempenho 2 para comportamento mecânico (L-2) relativo a matérias semi-rígidos.

Tabela 5:níveis mínimos ISOLE para fachadas duplas ventiladas
 Fonte: CPT 33116- CSB, 2001 e CPT3914 – CSB,2000

Característica	Nível Mínimo de Desempenho
Compressibilidade - I	1
Estabilidade dimensional - S	1
Comportamento à água- O	2
Comportamento mecânico - L	2
Permeabilidade ao vapor d'água - E	1

Os materiais mais frequentemente utilizados são placas de lãs minerais sem barreira ao vapor, como a lã de rocha, e placas de agregados poliméricos, como painéis de poliestireno expandido ou poliuretano (CPT 33116- CSB, 2001 e CPT3914 – CSB,2000). Estes últimos podem ser aplicados sobre superfície plana e de forma a não serem expostos ao exterior.

3.3. Legislação Brasileira

Embora não possua caracter legislativo, a NBR 15.575 - Desempenho de Edificações habitacionais de até cinco pavimentos explora conceitos que muitas vezes não são considerados em normas prescritivas específicas. A inter-relação entre Normas de desempenho e Normas prescritivas deve possibilitar o atendimento às exigências do usuário, com soluções tecnicamente adequadas e economicamente viáveis (PROJETO 02.136.01-001/4, 2007).

Este documento avalia separadamente cada sistema constituinte da construção. Para o âmbito da presente revisão bibliográfica, serão abordadas os requisitos gerais de desempenho térmico nas edificações e as principais exigências de desempenho para sistemas de vedação vertical externos.

3.3.1. Requisitos gerais de desempenho térmico da Edificação

3.3.1.1. Exigências de desempenho no verão

A norma estabelece que em estações quentes, as condições térmicas no interior do edifício sejam no mínimo iguais às do exterior em dia típico de verão, à sombra. Para avaliar esta exigência, determinou-se que a temperatura máxima diária da do ar interior não deve exceder o valor máximo diário do exterior, quando não houver fonte de geração de calor interno.

O anexo E estabelece os seguintes níveis de desempenho para condições de verão, apresentado na tabela 6.

Tabela 6: Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão. O nível M estabelece os critérios mínimos de aceitação, o nível I fornece critérios intermediários e o nível S critérios superiores de conforto.

Fonte. PROJETO 02.136.01-001/1 (2007)

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
I	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ} \text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1^{\circ} \text{C})$
S	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^{\circ} \text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ} \text{C})$ e $T_{i,min} \leq (T_{e,min} + 1^{\circ} \text{C})$

$T_{i,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados;
 $T_{e,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados;
 $T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados;
 $T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados.
NOTA: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

3.3.1.2. Exigências de desempenho no inverno

Analogamente aos dias de verão, é estabelecido que as condições de temperatura no espaço habitado devam ser superiores ao do ambiente externo em dia típico de inverno. É determinado que a menor temperatura diária do ar interior deve ser maior ou igual à temperatura mínima externa acrescida de 3°C.

Os níveis de desempenho para condições de inverno são estabelecidos no anexo E, e são apresentados na tabela 7.

Tabela 7: Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno. O nível M estabelece os critérios mínimos de aceitação, o nível I fornece critérios intermediários e o nível S critérios superiores de conforto.

Fonte. PROJETO 02.136.01-001/1 (2007)

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas bioclimáticas 1 a 5 ¹⁾	Zonas bioclimáticas 6, 7 e 8
M	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3^{\circ} C)$	Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado.
I	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 5^{\circ} C)$	
S	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 7^{\circ} C)$	

$T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados;
 $T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados.
NOTA: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

3.3.1.3. Métodos de Avaliação por meio de medição

Para que sejam verificados os níveis de desempenho térmico em ambas as situações de inverno e verão, a avaliação deve ser feita por meio de medição direta. Para tal, a norma se baseia nos valores médios de temperatura do ar externo em dias típicos, definidos para as capitais dos estados, listados no anexo B. Para fins de medição, o dia típico é caracterizado unicamente pelos valores da temperatura do ar medidos no local.

Segundo o Anexo A do projeto 02.136.01-001/1 (2007), o dia escolhido para análise deve corresponder ao dia típico de projeto, precedido por um dia de características semelhantes. Recomenda-se que a medição seja feita em períodos de três dias, na qual a avaliação seja feita com base nos dados coletados no terceiro dia.

A avaliação dos critérios de desempenho térmico pode ser feita através de medições no próprio local, no caso de construções existentes, ou em modelos representativos (protótipos), quando o projeto ainda não tiver sido executado.

Para a medição da temperatura interna *in loco*, o anexo A do projeto 02.136.01-001/1 (2007) faz as recomendações listadas na tabela 8.

Tabela 8: Recomendações e critérios para medição *in loco* em edificações existentes
Fonte. PROJETO 02.136.01-001/1 (2007) - Anexo A

Condição	Tipologia	
	Única Unidade	Multifamiliar
verão	dormitórios e salas, a distância de 1,20 m do piso	janela do dormitório ou sala voltada para oeste e outra parede exposta voltada para norte
inverno		janela do dormitório ou sala de estar voltada para sul e outra parede exposta voltada para leste

Deve ser observado que em habitações multifamiliares de múltiplos pavimentos, as medições devem ser feitas em unidades localizadas no último andar. Além disso, ressalta-se que quando não houver janelas que atendam aos requisitos indicados acima, devem ser priorizadas a escolha de unidades cujas aberturas estejam orientadas o mais próximo possível da especificação e com o maior número de paredes em contato com o exterior (PROJETO 02.136.01-001/1 (2007) - Anexo A).

Para medições realizadas em protótipos, são feitas as recomendações listadas na tabela 9.

Tabela 9: Recomendações e critérios para medição realizadas em protótipos
Fonte. PROJETO 02.136.01-001/1 (2007) - Anexo A

Condição	Regiões Bioclimáticas	
	1 a 5	6 a 8
verão	janela do dormitório ou sala de estar voltada para sul e outra parede exposta voltada para leste	protótipo com janela do dormitório ou sala voltada para oeste
inverno	janela do dormitório ou sala voltada para oeste e outra parede exposta voltada para norte.	

Para uma medição representativa, as paredes e janelas dos protótipos devem ser livres de qualquer obstrução que modifique a incidência de radiação solar e vento.

3.3.2. Requisitos Específicos para o sistema de Vedação Externa

Esta parte da norma estabelece os requisitos para a avaliação do desempenho de sistemas de vedações verticais externas e internas (SVVIE) de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos ou dos sistemas que os compõem.

Neste documento, os requisitos de desempenho para SVVIE estão separados em seis grupos principais: Segurança Estrutural, Estanqueidade, Desempenho Térmico, Desempenho Acústico, Durabilidade e Manutenibilidade, Funcionalidade.

Para cada requisito de desempenho, são definidos os critérios segundo os quais o produto deve ser analisado e os respectivos métodos de avaliação, além de premissas de projeto e o nível mínimo de desempenho exigido. Estes encontram-se resumidos na tabela apresentada no anexo C (PROJETO 02.136.01-001/4 (2007)).

4. ESTUDO PRÁTICO: EXEMPLO DE PROJETO DE FACHADA DUPLA VENTILADA

O objetivo do presente capítulo é ilustrar o método construtivo abordado, de modo a estudar a seqüência executiva e seus respectivos detalhes de acabamento, bem como observar a aplicação dos conceitos de Sustentabilidade no projeto.

Para tal, foi visitado um empreendimento comercial localizado na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro.

4.1. Descrição do Empreendimento

O Seletto Business D.O.C. é um empreendimento comercial localizado na Barra da Tijuca, região Oeste do Rio de Janeiro.

Conforme pode ser visto pela localização do terreno (figura 38), a proposta é oferecer um novo centro empresarial para a região da Av. Embaixador Abelardo Bueno e entorno, constituído por salas comerciais, espaços corporativos e lojas. Para isso também conta com a proximidade de redes de hotéis internacionais- em fase de construção.



Figura 38:Localização do terreno
 Fonte: Google Maps - 22 de Junho de 2013.

A responsável pelo projeto e execução de todas as fachadas é uma empresa de origem espanhola especializada em soluções construtivas adaptadas em fachadas ventiladas e referência no Brasil na comercialização e aplicação de Porcelanato Insertado.

Como pode ser visto na figura 39, o empreendimento divide-se em dois blocos principais: o primeiro é interno, de formato quadrado; o segundo localiza-se no limite com a rua, é retangular e assume a forma de “L”, acompanhando a mudança de direção da rua ao fundo e envolvendo parcialmente o primeiro bloco, criando uma área de passeio coberta entre os prédios.



Figura 39:(a) Implantação e (b) Perspectiva Ilustrada do Seletto Business D.O.C.
 Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias – www.orealizações.com.br

As paredes externas, que servem de base para fixação dos perfis de sustentação do Porcelanato Insertado, são feitas em alvenaria de blocos de concreto com furação vertical.

Nas fachadas de ambos os edifícios há a proposta da fachada dupla ventilada, composta por Porcelanato Insertado trabalhando em conjunto com pele de vidro e esquadrias de alumínio em todos os pavimentos e *brises* de alumínio no pavimento térreo.

No bloco externo, há a predominância do Porcelanato nas fachadas voltadas para a rua, com orientação a Leste e a Sul, e na fachada voltada ao terreno vizinho, com orientação a Oeste. As fachadas voltadas para o pátio interno de circulação são compostas de pele de vidro, sobreposta a estrutura metálica.

No bloco interior ao terreno apenas a fachada orientada a Oeste é feita em Porcelanato, isto é, as fachadas voltadas para o primeiro edifício e para a rua (testada do terreno) são revestidas na mesma pele de vidro do primeiro bloco.

Por fim, o conjunto é coberto uma estrutura metálica, revestida com vidro, criando espaços de circulação ao ar livre protegidos e iluminados.

4.2. Sequência Executiva das Fachadas

Cada fachada é executada integralmente, abrangendo a altura total do edifício. Portanto, para iniciar a execução da fachada, é necessário que a alvenaria tenha sido concluída em todos os pavimentos.

A seguir será detalhada a sequência executiva do Porcelanato Insertado nas fachadas do Seletto Business D.O.C. A execução é dividida em quatro etapas principais, a saber: **Preparação e Mapeamento da Fachada; Colocação da Estrutura de Sustentação; Inserção das Peças Cerâmicas; Acabamentos e Detalhes Executivos.**

4.2.1. Preparação e Mapeamento da Fachada

Esta etapa possui caráter preparatório para a colocação definitiva dos elementos da fachada. É preciso garantir que a base de sustentação da fachada ventilada esteja devidamente estanque e plana, de modo a não por em risco o desempenho do conjunto.

Embora não fique exposto diretamente à chuva, é possível que o pano interior da fachada entre em contato com a água advinda do exterior, que eventualmente possa escorrer pela trama metálica de sustentação da cerâmica.

Entrando em contato com a parede interior, a água da chuva pode se infiltrar através dela, provocando o desgaste do revestimento interno, gerando futuras patologias construtivas.

A estanqueidade da parede externa é proporcionada através da aplicação de substâncias impermeabilizantes em conjunto com argamassa - conhecida como chapisco externo, na face exterior da alvenaria e no topo do bloco, local em contato como parapeito da esquadria.

Uma vez chapiscada a alvenaria, a atenção é direcionada para sua planicidade para que o pano exterior fique alinhado e as peças de Porcelanato encaixadas corretamente. É preciso que no pano interior não existam imperfeições geométricas significativas.

Assim, inicia-se o mapeamento da fachada, que consiste em verificar o alinhamento e o prumo da parede exterior do edifício. Como mostra a figura 40, os prumos são feitos de fios de arame retilíneo atados a pesos de concreto (podem ser reaproveitados os corpos de prova dos ensaios realizados no concreto lançado na estrutura).



Figura 40: Lançamento de prumos para mapeamento em parte da fachada Sul do bloco exterior.
Fonte: Seletto Business D.O.C. - Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

Os prumos são lançados a partir da última laje - piso da cobertura, espaçados aproximadamente de dois metros entre si. Seus comprimentos alcançam até cerca de um metro abaixo da laje de piso do primeiro pavimento.

Com a ajuda de uma barra de ferro de pequeno diâmetro colocada transversalmente à parede externa, marca-se a distância que irá definir a largura da caixa-de-ar. Conforme visto no capítulo 2, para compatibilização com os peitoris e caixilharia de janelas, são adotadas larguras entre 10 a 15 centímetros. Assim, com uma trena, é medida a distância de 15 centímetros a partir da face externa da alvenaria, conforme mostra a figura 41.



Figura 41- Distanciamento do arame do prumo à alvenaria
Fonte: Seletto Business D.O.C. - Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

O processo é repetido em todos os prumos e em todos os pavimentos. Verificam-se as diferenças no sentido horizontal (entre prumos adjacentes, em um mesmo pavimento) e no sentido vertical (entre pavimentos adjacentes, em um mesmo prumo) entre as distâncias medidas nas barras de ferro.

A correção das diferenças encontradas é feita na etapa seguinte, durante a colocação das peças metálicas nas quais serão fixados os perfis de sustentação. Pode-se eliminar a

diferença de distanciamento através do uso de cantoneiras de diferentes dimensões ou da rotação das peças. Em casos em que o valor da diferença supere a maior dimensão da cantoneira, aplica-se um ponto de argamassa – ou talisca, a fim de diminuir a imperfeição em determinado ponto de fixação.

4.2.2. Colocação da Estrutura de Sustentação

Nesta etapa é montada a estrutura que cria a caixa-de-ar entre os panos da fachada ventilada e confere sustentação ao pano exterior.

Para que a fixação da estrutura não cause danos à base que a suporta e a sustentação da fachada esteja assegurada, é preciso que as regiões da parede externa do edifício nas quais estão previstos os elementos de ligação dos perfis metálicos apresentem uma rigidez mais elevada em relação ao restante do pano.

Assim, nestas regiões é executada uma estrutura semelhante a uma verga de janela, com a diferença de possuir orientação vertical. O furo do bloco é preenchido com concreto e nele são inseridas barras de ferro de pequeno diâmetro, de modo a criar no interior da alvenaria um pilarete de concreto armado, capaz de resistir à tração imposta pelo parafuso de fixação da cantoneira.

Após a cura do concreto dos pilaretes, são aparafusadas na parede exterior as cantoneiras, responsáveis pela fixação dos perfis verticais da estrutura de sustentação (figura 42). Estes elementos suportam os perfis horizontais, nos quais a cerâmica é inserida.

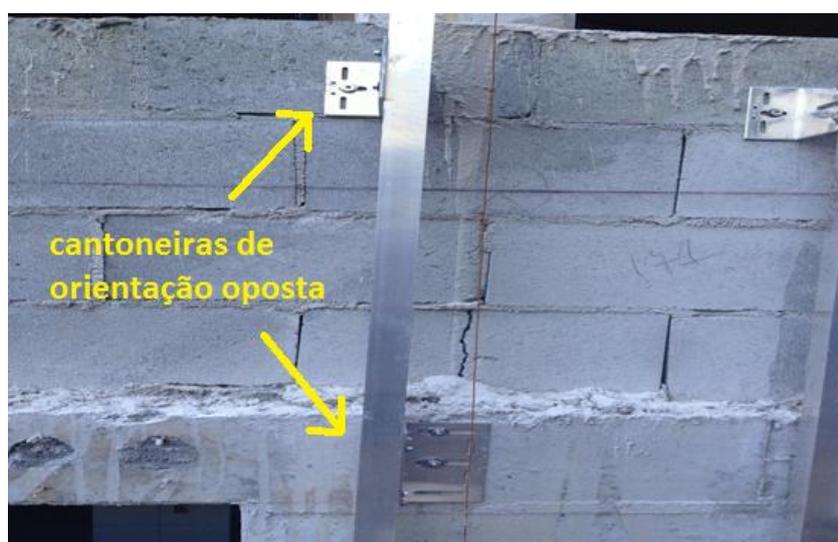


Figura 42: Disposição das cantoneiras metálicas e perfis verticais
Fonte: Seletto Business D.O.C. - Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

São usadas cantoneiras metálicas de diferentes tamanhos para correção do prumo e alinhamento da parede de alvenaria, conforme descrito na etapa anterior. As peças são dispostas com orientação oposta de modo intercalado, para evitar a flambagem do perfil vertical. Para sua fixação na alvenaria, utilizam-se parafusos EJOT ou *ParaBolts*.

Conforme pode ser observado na figura 42, os perfis verticais são celulares em formato retangular, e suportam os perfis horizontais nos quais a cerâmica é insertada. Os perfis horizontais possuem seção de formato semelhante a um trilho, no qual são inseridas as peças cerâmicas. A fixação entre perfis e entre os perfis verticais e as cantoneiras é feita através de parafusos auto-brocantes ou tipo EJOT.



Figura 43: Seção transversal dos perfis vertical (a esquerda) e horizontal (a direita)
Fonte: Seletto Business D.O.C. - Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

Após a fixação nas cantoneiras e a ligação entre os perfis verticais e horizontais, a configuração final da trama de sustentação assume o aspecto mostrado na figura 43. Esta figura mostra parte da fachada Sul do bloco exterior, voltada para a rua.



(a)

(b)

Figura 44: Disposição dos perfis na formação da trama de sustentação do pano exterior da fachada Sul (a) interação dos corredores entre as janelas com o *shaft* de ventilação vertical (b) corredores de ar entre as janelas em detalhe.

Fonte: Seletto Business D.O.C. - Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

Conforme mostra a figura 45, a fixação dos perfis celulares verticais nas cantoneiras é feita por parafusos auto-brocantes, enquanto a ancoragem destas no pano de sustentação é se dá através da combinação de pinos EJOT e arruelas. Além disso, tendo em vista as variações de temperatura a que estão submetidos, é prevista a dilatação dos perfis deixando-se um espaço de 10 mm entre suas extremidades.

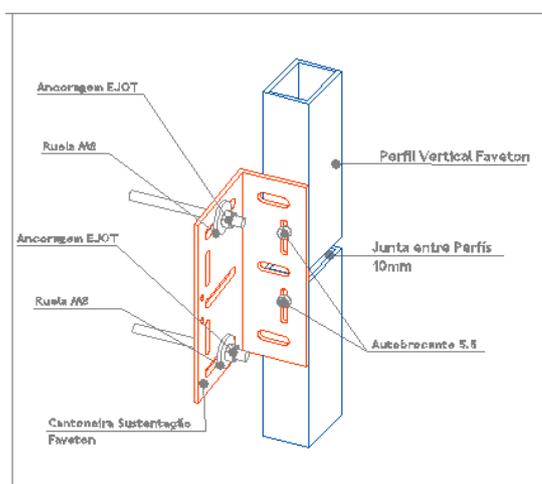


Figura 45: Detalhe da fixação de perfil vertical em cantoneira

Fonte: Faveton e Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

A fixação dos trilhos horizontais nos perfis de sustentação também é feita por parafusos auto-brocante. À semelhança dos perfis verticais, é prevista junta de dilatação de 10mm entre os elementos horizontais (figura 46).

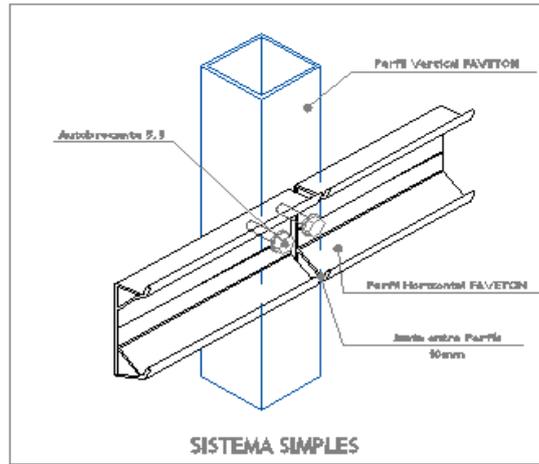


Figura 46: Detalhe da fixação entre perfis
 Fonte: Faveton e Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

De modo a melhorar o desempenho térmico da edificação e aumentar sua eficiência energética, está previsto o uso de isolante térmico complementar. Conforme visto no capítulo 2, o isolamento configura uma camada intermediária entre os panos interno e externo da fachada, sendo introduzido no interior da caixa-de-ar. A Faveton recomenda a lã de rocha, disponível em placas. A fixação deste material deve ser feita diretamente sobre a face externa da alvenaria.

Uma vez fixados os perfis verticais, são dispostas placas de lã de rocha sobre as áreas de alvenaria ente eles. Por questões de facilidade executiva, em determinados locais a colocação deste material é feita antes da colocação dos perfis horizontais, conforme pode ser visto na figura 47.

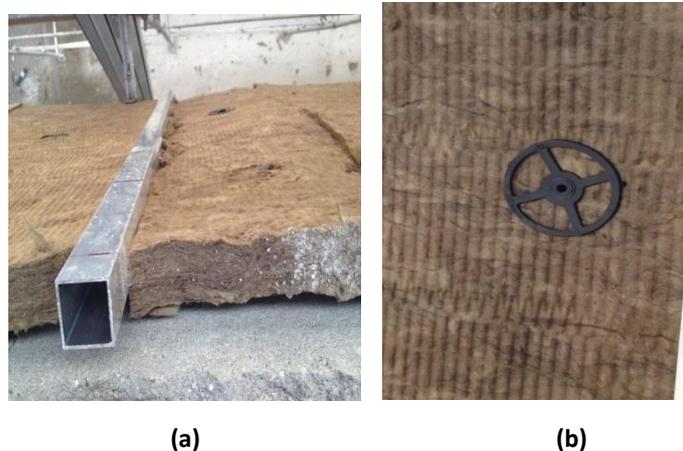


Figura 47: Detalhes do encontro do isolante com o perfil metálico (a) e da fixação do material na alvenaria (b)
 Fonte: Seletto Business D.O.C. - Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

A utilização de pinos com cabeça alargada (figura 47, b) é indicada para minimizar o efeito de cisalhamento que ocorre entre o fixador e o isolante, de modo a não danificar a trama de lã de rocha e comprometer sua fixação e desempenho.

4.2.3. Inserção das Peças Cerâmicas

A terceira etapa consiste na finalização da montagem do pano externo da fachada. O acabamento em formato triangular das peças ao longo da sua direção longitudinal possibilita a inserção das mesmas nos perfis horizontais. A conexão entre a peça cerâmica e o perfil metálico é feita através de um encaixe tipo macho-fêmea que permite deslizar a peça ao longo do perfil (figura 48).

As peças são inseridas a partir das extremidades dos perfis e empurradas manualmente em direção ao centro da fachada. Finalizada a colocação, a trama metálica fica completamente coberta pelas peças de Porcelanato, não se mostrando aparente pelo lado externo do edifício.

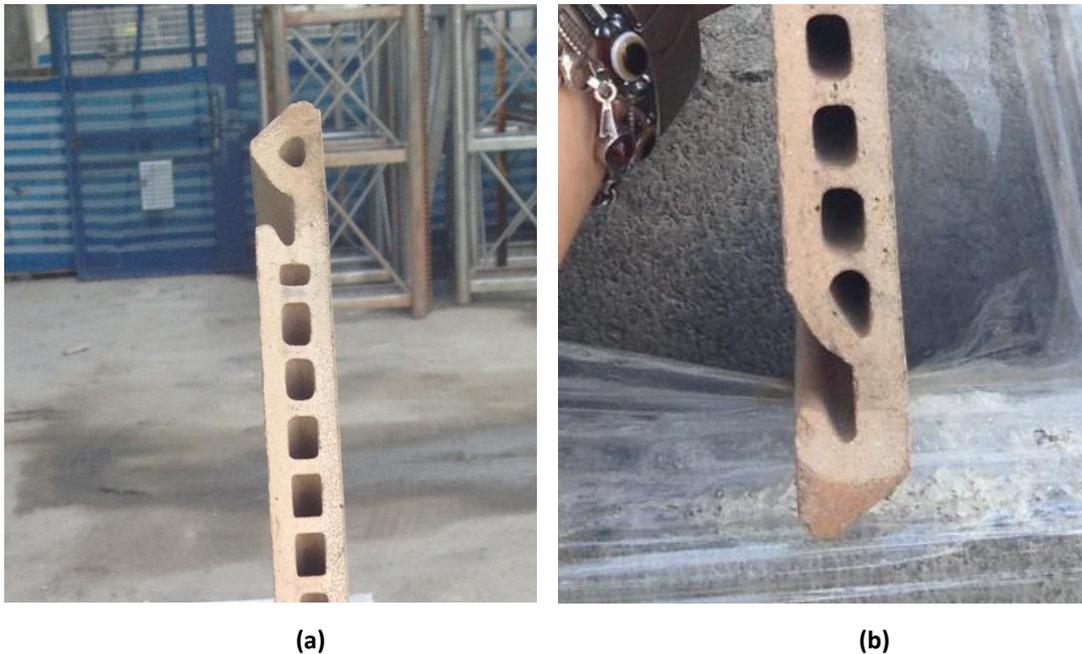


Figura 48: Detalhe da seção transversal da peça de Porcelanato insertado na parte superior (a) e inferior (b)
Fonte: Seletto Business D.O.C. - Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

Como pode ser visto na figura 49, não é utilizado nenhum tipo de acabamento argamassado ou rejuntamento, de modo a criar pequenas aberturas que possibilitam a renovação do ar contido entre os panos da fachada. Através do uso da ventilação

natural, esta particularidade é fundamental para caracterizar a fachada como ventilada, e dispensa o uso de equipamentos mecânicos de circulação de ar.



Figura 49: Detalhe do encaixe entre peças na extremidade de um perfil horizontal
Fonte: Seletto Business D.O.C. - Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

Como pode ser observado na figura 50, o acabamento bisotado das peças cria um efeito visual no qual a inexistência de rejuntamento não confere um aspecto inacabado ao trabalho.



Figura 50: Detalhe de acabamento na parte inferior de uma amostra de Porcelanato
Fonte: Seletto Business D.O.C. - Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

Para uma extensão sem alguma abertura, o aspecto final da fachada mostra-se semelhante ao evidenciado na figura 51. Na primeira imagem, o espaço inacabado receberá o revestimento em pele de vidro. A segunda mostra a fachada do bloco exterior orientada a Oeste, onde ainda pode-se observar um trecho da fileira de cumeeada que precisou ser aberto para manutenção na laje de cobertura.

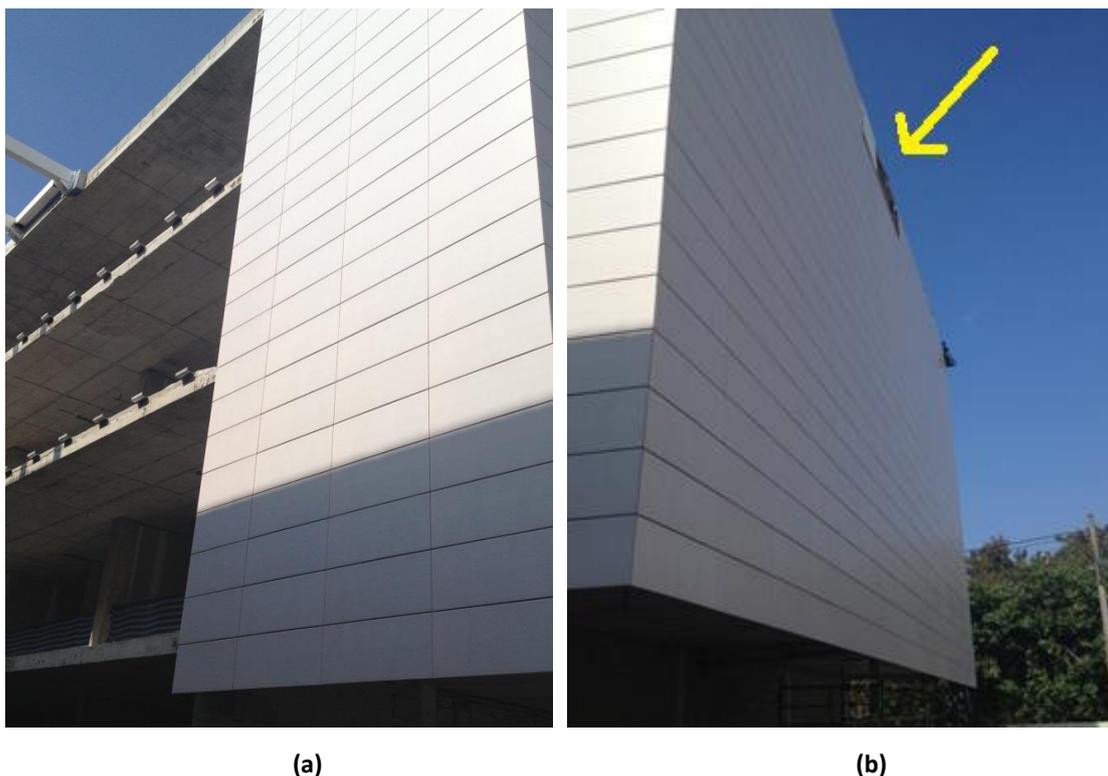


Figura 51: Aspecto final de fachadas do bloco exterior: alçado interno, onde (a) é prevista contato com pele de vidro e (b) não são previstas aberturas, na qual observa-se abertura feita para manutenção.

Fonte: Seletto Business D.O.C. - Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

4.2.4. Acabamentos e Detalhes Executivos

Como o projeto prevê o uso de outros tipos de materiais trabalhando em conjunto com Porcelanato inserido na constituição da fachada, o encontro entre eles deve ser executado de modo a não pôr em causa a funcionalidade e o desempenho da envoltória.

Nas regiões de arranque e coroamento do revestimento e onde estão previstas aberturas- janelas e *brises*, mudanças de direção e demais descontinuidades no pano, há que se observar os respectivos detalhes executivos, a fim de garantir a correta vedação e estanqueidade do edifício.

Nas figuras 52 e 53 são mostrados detalhamento executivo e disposição dos elementos componentes em pontos críticos das fachadas onde ocorrem mudanças de direção internas e externas.

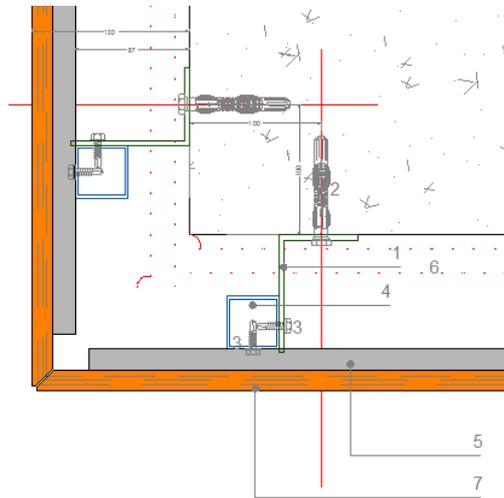


Figura 52: Detalhe Executivo de encontro de peças em esquina interior- vista superior em corte
Fonte: Faveton e Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

LEGENDA – figuras 52 e 53

- 1) Cantoneira Metálica
- 2) Parafuso tipo *Parabolt*
- 3) Parafuso autobrocante

- 4) Perfil Vertical
- 5) Perfil Horizontal
- 6) Isolante – lã de rocha

- 7) Peça Cerâmica

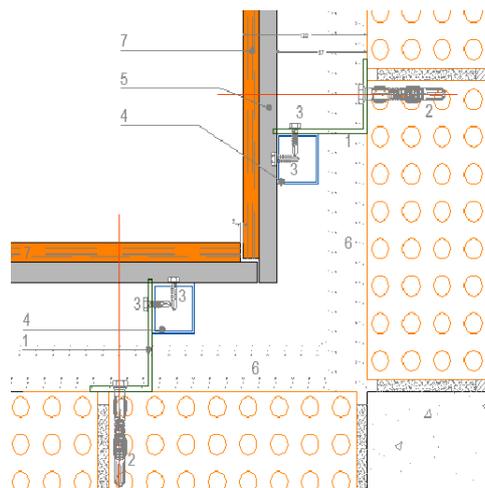


Figura 53: Detalhe executivo de disposição de peças em esquina exterior- vista superior em corte
Fonte: Faveton e Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

O acabamento nas regiões onde a fachada muda de direção é feito somente através de disposição dos seus elementos constituintes, ratificando a inexistência de rejuntamento entre as placas cerâmicas ou demais peças externas de acabamento.

Nas figuras pode-se observar que a largura da caixa-de-ar entre os panos, criada entre o plano de posicionamento da cerâmica e a superfície externa do material isolante, mantém-se constante.

A figura 54 mostra a fileira de base, ou arranque, do pano exterior. Nela observa-se uma abertura na parte inferior que promove o arejamento do interior da fachada através do movimento convectivo do ar.

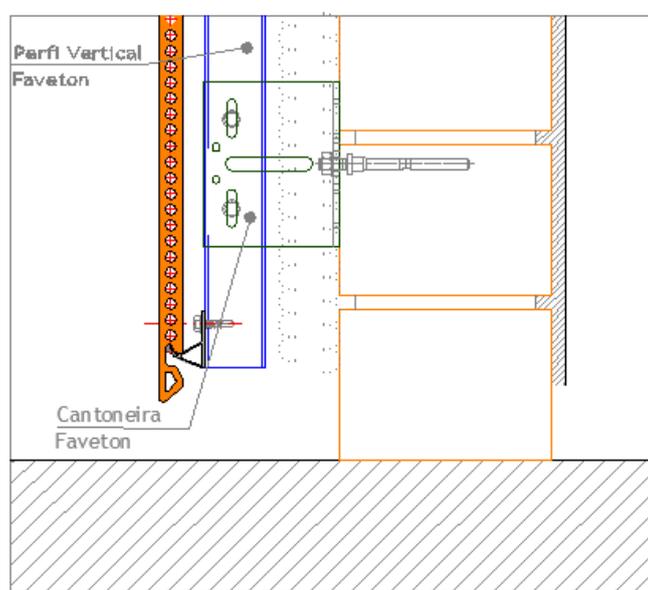


Figura 54: Detalhe de disposição dos elementos em perfil horizontal de arranque- corte transversal
Fonte: Faveton e Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

Para impedir a infiltração da água da chuva e acúmulo de sedimentos, garantindo a vedação do topo da fachada, nas fileiras superiores da estrutura é colocado um elemento auxiliar, demonstrado na figura 55. Trata-se de uma peça metálica fixada nas cantoneiras de topo por parafusos auto-brocantes, justaposto à cerâmica, de modo a não causar descontinuidade no pano exterior.

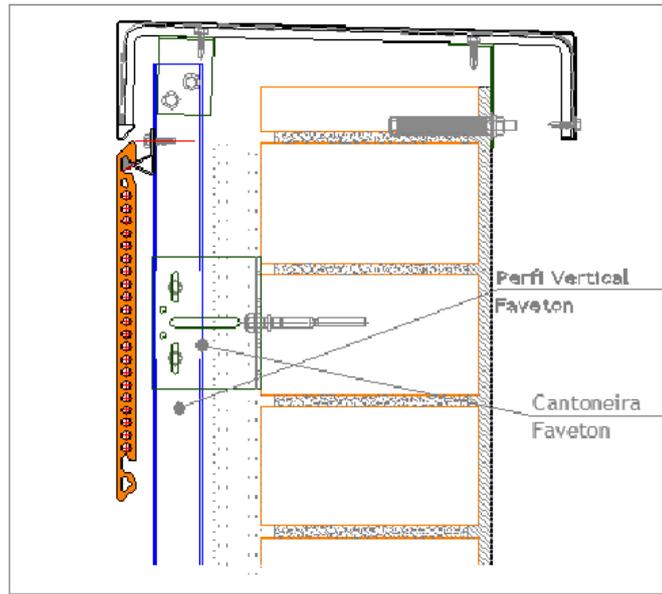


Figura 55: Detalhe de disposição dos elementos em perfil horizontal de coroamento- corte transversal
 Fonte: Faveton e Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

A interação da estrutura do Porcelanato Insertado com demais materiais configura também um aspecto que exige maior atenção na sequência executiva da fachada, criando zonas críticas nos locais aonde está prevista.

No pano exterior da fachada não pode haver descontinuidades ou reentrâncias, uma vez que a existência das mesmas prejudica a vedação da envoltória e pode levar a ocorrência de patologias construtivas durante a vida útil da construção. Deste modo, como pode ser visto na figura 56, os elementos constituintes são alinhados pelo plano correspondente a face exterior da fachada quando há interferência com aberturas.

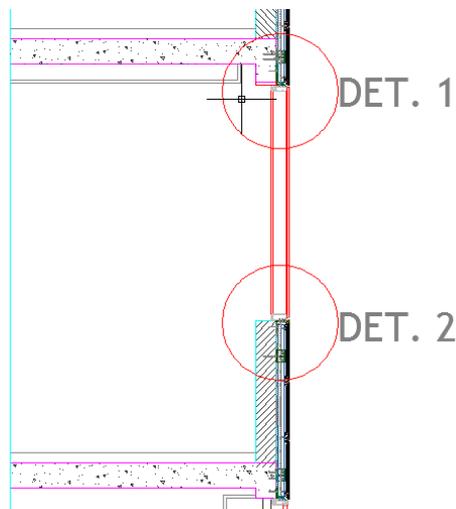


Figura 56: Interação com aberturas: demonstração de pontos críticos na parte superior e inferior da abertura
 Fonte: Faveton e Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

A figura 57 mostra com maiores detalhes como a interação entre o Porcelanato Insertado e as esquadrias das janelas deve ser conduzida no perímetro da abertura.

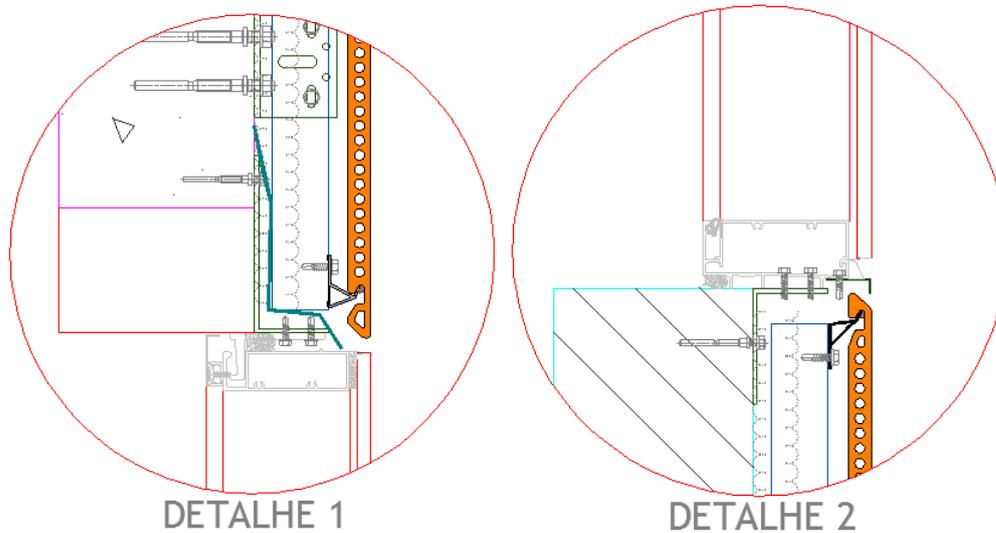


Figura 57- Representação em corte transversal da parte superior (detalhe 1) e inferior (detalhe 2) de uma esquadria em contato com a estrutura do Porcelanato Insertado
Fonte: Faveton e Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013).

4.3. O Projeto de Fachada

As fachadas projetadas para revestir as faces Sul, Leste e Oeste do edifício exterior e a face Oeste do edifício interior do empreendimento atendem a critérios de classificação de diferente tipologia de fachada, uma vez que a interação com outros materiais e elementos determina diferentes classificações da cavidade intermediária (Figura 58).

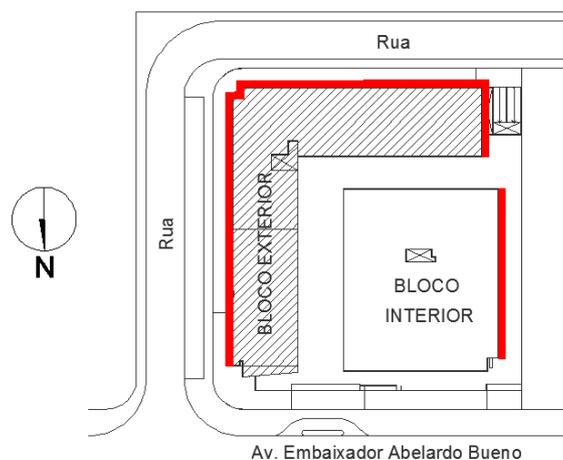


Figura 58: Faces dos edifícios revestidas em FDV
Fonte: Faveton e Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

Para revestimento externo de todas as faces executadas em fachada dupla ventilada, foi adotado material cerâmico em placas retangulares, conhecido como Porcelanato Insertado. Quanto à fixação, o pano exterior não é auto-portante, sendo afixado diretamente sobre o interior por intermédio de trilhos longitudinais.

A seguir é feita uma descrição de cada uma das características encontradas no projeto das fachadas.

4.3.1. Divisão da Caixa-de-ar

As fachadas do Selleto Business D.O.C. enquadram-se nas tipologias de fachada de múltiplos pavimentos – fachada orientada a Oeste do bloco exterior, e fachadas com *shaft* vertical- fachadas orientadas a Sul e a Leste do bloco exterior e a Oeste do bloco interior (figura 59).

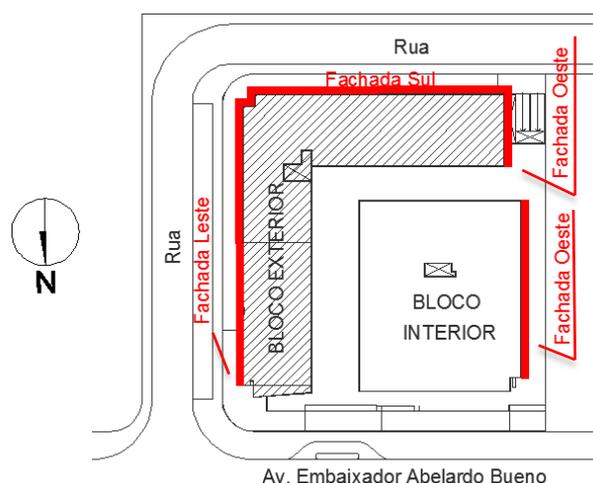


Figura 59: Localização das fachadas nos edifícios
Fonte: Faveton e Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

No bloco exterior do empreendimento, a fachada orientada a Oeste, como as fachadas de múltiplos pavimentos, apresenta caixa-de-ar contínua por toda extensão. A inexistência de divisões horizontais e verticais no interior da caixa-de-ar dá-se devido ao fato de que não há previsão de aberturas, uma vez que estas fachadas estão voltadas para o terreno vizinho.

Desta forma, a ventilação da cavidade é feita por aberturas localizadas próximo ao pavimento de cobertura e ao térreo, respectivamente nas fileiras de cumeeada e arranque do pano exterior, e pelas frestas configuradas nas juntas entre fileiras de peças cerâmicas (figura 60).

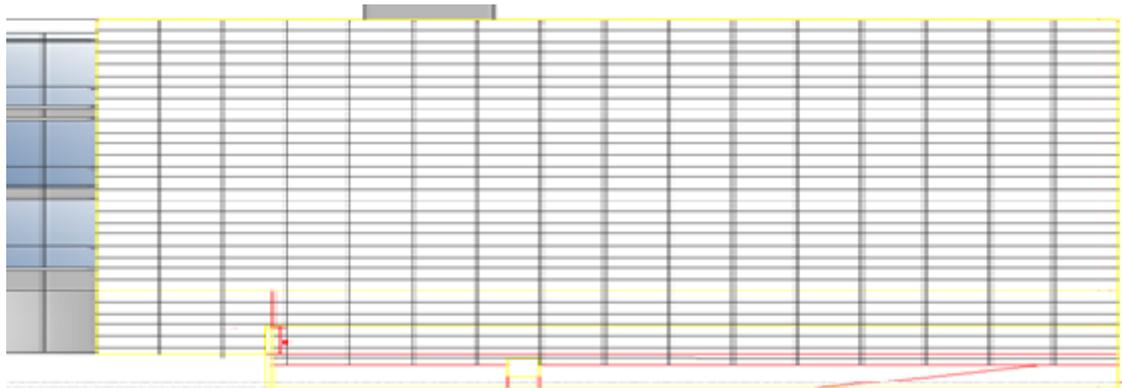


Figura 60- Fachada Oeste do bloco exterior
 Fonte: Faveton e Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

Nas fachadas Leste e Sul do bloco exterior e na fachada Oeste do bloco interior, há a existência de janelas em fita, estendendo-se por grande parte do comprimento destas faces (figura 61). Devido a esta característica, a câmara-de-ar é dividida pelas caixilharias das janelas em sua extensão horizontal, sendo interrompida na mudança de direção do edifício (interação entre as fachadas Leste e Sul e Sul e Oeste).

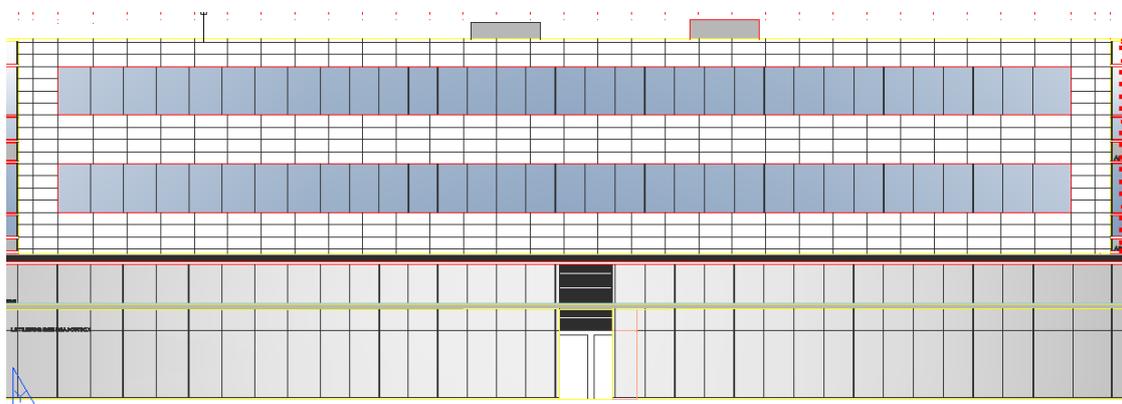


Figura 61- Fachada Oeste do bloco interior
 Fonte: Faveton e Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

Estas faces podem ser classificadas como fachadas de *shaft* vertical devido à existência de uma cavidade vertical contínua formada próximas às regiões de mudança de direção do edifício, onde há descontinuidade das janelas. Nestas zonas, a ventilação da caixa-de-ar é feita à semelhança das fachadas orientadas a Oeste.

Os corredores de ar horizontais configurados entre as janelas de diferentes pavimentos são ventilados devido a comunicação com a cavidade contínua vertical. Além disso, a presença de grelhas de ventilação, previstas nos corredores localizados ao nível do

primeiro pavimento e do térreo, complementa a ventilação naturalmente feita através das frestas do revestimento cerâmico (figura 62).

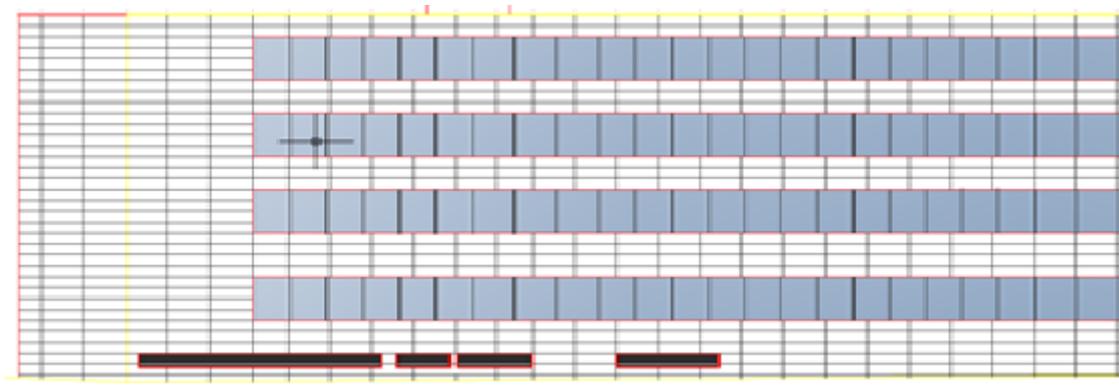


Figura 62- Parte da fachada Leste do bloco externo
Fonte: Faveton e Odebrecht Realizações Imobiliárias (2013)

4.3.2. Fixação do Pano Exterior

Para todas as faces onde é prevista sua execução, a fachada dupla ventilada não possui características estruturais, sendo suportada pelo respectivo pano interior constituinte.

O apoio é feito diretamente sobre a vedação vertical externa do edifício, constituída por alvenaria de blocos de cimento. Conforme visto na sequência executiva, nas zonas de ancoragem das peças fixadoras é feito um reforço estrutural através do preenchimento do bloco com concreto e inserção de barras metálicas.

Quanto ao tipo de fixação do pano exterior, são utilizadas tramas de perfis metálicos, configurando uma fixação linear ou por trilhos.

A primeira linha de perfis metálicos é disposta na vertical, sendo fixada diretamente nas peças metálicas aparafusadas no pano interior. Estes perfis são celulares e apoiam a segunda linha da trama, composta por perfis horizontais. Os perfis horizontais possuem seção transversal triangular, e, à semelhança de trilhos, encaixam-se nas peças de revestimento exterior, realizando desta maneira o seu suporte.

4.3.3. Material de Revestimento Externo

O revestimento do pano exterior das fachadas duplas ventiladas do empreendimento é feito em cerâmica, empregando-se um material cerâmico conhecido como cerâmica extrudada.

Este tipo de material difere da cerâmica tradicional por não ser maciço, as peças possuem seção transversal nervurada, conforme pode ser visto na figura 63. Devido a esta característica, as peças feitas em cerâmica extrudada possuem peso específico menor do que as peças de Porcelanato tradicional, sendo recomendadas para este tipo de sistema uma vez que geram menor solicitação de carga sobre o sistema estrutural de sustentação – representado pelo pano interior, no caso do empreendimento.

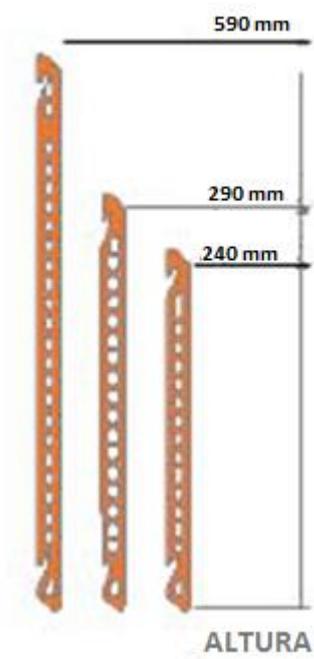


Figura 63- Larguras máximas das peças de cerâmica extrudada utilizadas
Fonte: Faveton (2011)

A cerâmica extrudada é disposta em placas retangulares dotadas de entalhes em sua seção transversal, através do qual é feito seu encaixe nos trilhos - perfis horizontais da trama de sustentação.

A peça padrão possui 16mm de espessura, dimensões de 1150 mm de comprimento por 30 mm de largura, e peso específico de 32Kg/m² (figura 64). Também é previsto o corte de peças para ajustar às dimensões do alçado a ser revestido.

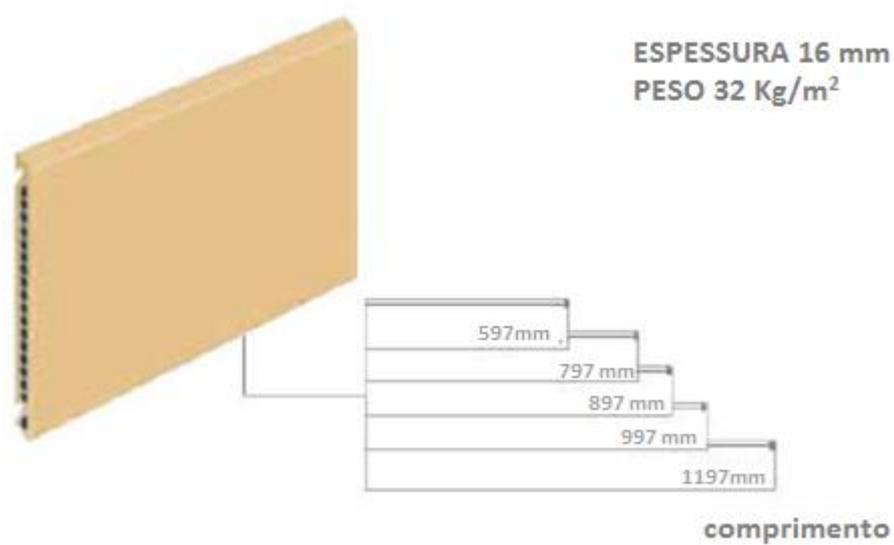


Figura 64- Comprimentos máximos das peças de cerâmica extrudada utilizadas
Fonte: Faveton (2011)

Este material alia as características de desempenho térmico, estanqueidade e estética das peças cerâmicas usuais às vantagens do sistema construtivo de fachada dupla ventilada. Sua forma de execução apresenta algumas vantagens em relação a demais técnicas de fixação, tais como agilidade na montagem, facilidade de substituição de peças e desmontagem de pequenas áreas e rapidez na execução do sistema em geral.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção de espaços habitáveis é uma atividade que tem sofrido aprimoramentos e inovações desde o advento de sua criação. A eterna busca pelo equilíbrio entre os requisitos de funcionalidade, parâmetros de conforto e apelo estético na execução de edifícios é principal motivação para o aprimoramento de métodos construtivos e desenvolvimento de novos sistemas, materiais e tecnologias.

Um dos principais desafios para o eficiente desempenho de uma edificação é sua correta interação com a topografia e o clima típico da localidade onde se insere. Até o surgimento de meios artificiais de climatização, esta era uma questão que ocupava lugar de destaque na elaboração dos projetos, uma vez que os recursos arquitetônicos caracterizavam o único meio de minimizar ações externas e efeitos incômodos aos usuários.

O Modernismo exemplifica esta linha de raciocínio através de cinco princípios práticos, que regem os projetos elaborados dentro deste estilo arquitetônico: prédio sobre pilotis; planta livre da estrutura; fachada livre da estrutura; terraços-jardim; janelas em fita.

Tais princípios, ou postulados, preconizavam artifícios para adaptar os elementos do clima a favor do conforto e sugerir inovações na arquitetura que priorizavam as necessidades habitacionais. A aplicação destes conceitos possibilitou uma interação eficiente com os elementos do clima, de forma a promover o conforto dentro da edificação através do aproveitamento de fontes naturais de ventilação e luminosidade. Isto fez da arquitetura modernista uma das precursoras da hoje conhecida arquitetura sustentável.

Entretanto, com o surgimento de meios artificiais de climatização e novas tecnologias de materiais, a partir da década de 1970, a aplicação do Modernismo caiu em desuso. Nascia assim o *International Style*, que deixava de ter a preocupação da habitabilidade e conforto através dos elementos da sua arquitetura.

Posta de lado a interação com o clima local, o desenvolvimento e aplicação de estilos arquitetônicos baseados no *International Style* nas décadas seguintes nem sempre foi bem conduzido ao redor do mundo, uma vez que foram criados dentro da realidade de características específica para temperaturas médias mais amenas. Sobretudo no Brasil, onde a maior parte das cidades apresenta clima de características tropicais, verificou-se que suas adaptações acabaram por piorar o desempenho das construções, em comparação com soluções modernistas.

Estes estilos arquitetônicos influenciam as construções no Brasil até hoje. A expansão do mercado imobiliário nas grandes metrópoles do país nos últimos anos deixa ainda mais evidente a deficiência das edificações em oferecer condições de conforto aos usuários e proporcionar requisitos de habitabilidade em seu interior. As construções brasileiras, enquanto bens de consumo duráveis, apresentam níveis de qualidade muito baixos em comparação aos produtos dos mercados de construção civil internacionais.

Na Europa, em atenção ao desempenho e funcionalidade das edificações, ao longo do século XX observou-se a criação de novos sistemas a partir de inovações e aprimoramentos em técnicas já conhecidas e utilizadas. Juntamente com a climatização artificial, a obtenção dos requisitos de conforto no ambiente habitado se deu pela evolução nas vedações externas, desde a execução de paredes simples em pano único e robusto de alvenaria de pedra no início do século, até métodos mais avançados, utilizando duplo pano de vedação em materiais mais leves e interação com isolantes térmicos a partir dos anos 1980.

A partir da evolução do método construtivo de paredes de dupla vedação e sua aplicação na envoltória dos edifícios, entre as décadas de 1980 e 1990 surgiram as Fachadas Duplas Ventiladas, que adaptaram mecanismos que possibilitam a ventilação da mesma pela circulação do ar contido em seu interior. Assim como projetos modernistas, as Fachadas Duplas Ventiladas empregam a disposição de elementos arquitetônicos para promover o uso dos elementos climáticos a favor do desempenho da edificação.

Os artifícios utilizados por este novo sistema promovem melhor característica térmica da envoltória das construções, e com isso apresenta soluções para aperfeiçoamento do desempenho térmico das mesmas tanto em situações de verão, pela diminuição dos ganhos solares diretos, quanto de inverno, pela redução das pontes térmicas. Com isso, os gastos energéticos com dispositivos de climatização também são minimizados, e a eficiência da edificação como um todo apresenta melhores índices.

Assim como a inovação de métodos construtivos, a busca por maior desempenho e eficiência energética nas habitações também incentivou muitos países a estabelecer parâmetros e requisitos a serem atendidos pelas construções. Notoriamente no continente europeu e norte-americano, existe grande variedade de documentos e normas técnicas, muitos dos quais em vigor sob forma de lei, com o propósito de avaliar os sistemas já

existentes e orientar as inovações surgidas para garantir padrões de conforto, habitabilidade e sustentabilidade.

Este tipo de cenário, no entanto, não se observa no contexto brasileiro. Embora exista grande gama de normas brasileiras que regem os mais variados parâmetros de aspecto estrutural, o que demonstra forte preocupação com requisitos de segurança, nota-se deficiência por parte da legislação no sentido de impor o cumprimento de requisitos de qualidade de vida oferecida aos ocupantes. Esta falta de iniciativa na criação de leis que regem o desempenho das construções não cria um contexto propício ao desenvolvimento de inovações construtivas direcionadas a este aspecto.

Assim, o atendimento a critérios de desempenho energético e habitacional fica condicionado ao interesse da construtora em conseguir uma certificação para atestar o seu produto. Em outras palavras, a qualidade na construção civil brasileira é caracterizada como mais-valia, e vista não como obrigação, mas como benefício adicional, o que gera, em média, níveis de desempenho bastante baixos.

O recente projeto de lei que defende a publicação de uma norma de desempenho no Brasil (NBR 15.575 – Desempenho de Edificações habitacionais de até cinco pavimentos), representa uma tentativa de alterar o paradigma da qualidade da Construção Civil no país. Mas este projeto, embora baseado em documentos internacionais acerca do tema, contém muitas falhas, pois, além de não possuir atendimento de caráter obrigatório, aborda requisitos com critérios de avaliação pouco precisos, define níveis mínimos de desempenho muito inferiores em comparação aos internacionais e não institui uma análise que abra espaço para adoção de novos métodos construtivos.

Desta forma, ao serem introduzidas no Brasil, as inovações e tecnologias estrangeiras não encontram-se regulamentadas de forma coerente e por isso, muitas vezes, não apresentam a mesma eficiência no funcionamento de acordo com os padrões desenvolvidos no exterior. Com isso, mantém-se uma mentalidade conservadora em relação aos métodos construtivos tradicionalmente empregados, e contrária à adoção de novos sistemas e técnicas.

Para mudar esta realidade, além de instituir padrões de qualidade e desempenho mínimos como caráter obrigatório para a entrada em funcionamento dos empreendimentos, se faz necessário desenvolver documentos técnicos em conjunto com as respectivas

inovações e métodos construtivos, de forma a regulamentá-los, determinando as exigências que os mesmo devem atender e meios de avaliação de sua execução prática.

Para tornar isto possível, uma iniciativa a ser tomada é investir em pesquisa de técnicas desenvolvidas em demais países, avaliando as soluções empregadas, bem como, à semelhança do ocorrido na Europa, buscar aprimorar métodos consagrados pela adaptação de inovações em seus meios de funcionamento.

Este trabalho foi desenvolvido sob esta justificativa, e objetivou a apresentação de uma forma de minimizar problemas de desempenho térmico nas construções priorizando soluções de enfoque sustentável, através descrição de um sistema construtivo há muito utilizado na Europa e Estados Unidos e a apresentação de estudo prático para analisar sua aplicação no projeto de um empreendimento localizado no Rio de Janeiro.

O estudo prático mostrou que é possível a adaptação das Fachadas Duplas Ventiladas às edificações brasileiras sem que para isso seja necessário alterar os demais sistemas do edifício e tampouco modificar os padrões estéticos usuais da tipologia abordada. Além disso, o projeto de fachada em FDV mostrou-se viável ao prever o uso de peças e materiais usuais no mercado brasileiro da construção civil e de fabricação nacional.

Uma vez que não há forma de se atestar a correta condução da sequência executiva e atendimento dos requisitos de desempenho do sistema devido à inexistência de documentação brasileira para tal, estes parâmetros ficam condicionados à experiência prática da empresa responsável pelo projeto e execução das fachadas.

Este aspecto aponta um ponto falho do estudo prático, muito embora a empresa em questão possua origem na Espanha, país onde o uso deste sistema é bastante aprimorado e existem criteriosas normas exigenciais, e seja uma das pioneiras na implementação de FDV na Europa. Para aprimorar o estudo feito, uma alternativa seria a análise de critérios de desempenho segundo documentação internacional, de acordo com a metodologia de avaliação prevista, o que, infelizmente, não foi possível de ser realizado durante a visita à obra.

Seguindo esta lógica, uma questão interessante a ser abordada por trabalhos futuros que objetivem o estudo de viabilização de adaptações feitas em métodos construtivos tradicionais, ou a introdução de novos sistemas, será a comparação entre a técnica tradicional e a inovação introduzida. Através de critérios de avaliação referenciados por

exigências estrangeiras, aplicados em estudos práticos, testes de campo ou ensaios representativos, poderá se comparar os níveis de desempenho obtido nas diferentes situações, atestando os possíveis benefícios introduzidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Apresentação dos Produtos. Faveton – **cerâmica para fachadas ventiladas**. 2011.

Caderno de Montagem – FAVETON BERSAL. Faveton – **cerâmica para fachadas ventiladas**. 2011.

Caderno de Montagem – FAVETON CERAM. Faveton – **cerâmica para fachadas ventiladas**. 2011.

Corbellas, Oscar e Yannas, Simos. **Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos, Conforto Ambiental**. 2ªedição. Rio de Janeiro 2009.

Da Silva Lima, Manuel António. **Armazenamento de Energia Térmica em Componentes de Edifícios Sobre os quais Incide Radiação Solar Directa**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.1995.

Freitas, Vasco Peixoto., Abrantes, Vítor. **International Symposium on Moisture Problems in Building Walls**. Proceedings. Porto. 1995.

Ferreira, Filipe. **Notas de aula da disciplina Tecnologias das Construções**. Escola de Engenharia da Universidade do Minho. 2010.

Garrido Vazquez, Elaine. **Notas de aula da disciplina Arquitetura I**. Escola Politécnica-UFRJ. Engenharia. Agosto de 2012.

Malamace de Azevedo Pinheiro, Fernanda. **Arquitetura Bioclimática- Estudo de Caso: análise da Aplicação de Conceitos da Arquitetura Bioclimática em Lojas de Conveniência de Postos de Combustível**. Dissertação (Graduação) - Escola Politécnica-UFRJ. Rio de Janeiro, Setembro de 2012.

Mazzarotto, Ana Carolina Elizabeth Kolb. **Uso do sistema de fachadas duplas ventiladas em edifícios em Curitiba: verificação computacional de desempenho comparativo com soluções convencionais.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba 2011.

Póvoas Corvacho, M.Helena.Pontes **Térmicas: Análise do Fenómeno e Porpostas de Soluções.**Dissertação (Doutorado) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.1996.

Qualharini, Eduardo. **Notas de aula da disciplina Sustentabilidade nas Construções.** Escola Politécnica-UFRJ. Engenharia. 2013.

Siva, Sandra. **Notas de aula da disciplina Física das Construções.** Escola de Engenharia da Universidade do Minho. 2010.

REFERÊNCIAS NORMATIVAS

ABNT NBR 15575_2013. **Edificações Habitacionais- Desempenho**

EN ISO 7730. **Ergonomia do Ambiente Térmico.**

NP EN 13830, 2009. **Fachadas-cortina – Norma de produto.**

CSB CPT 3316, 2000. **Ossature bois et isolation thermique des bardages rapportés faisant l’objet d’un Avis Technique ou d’un constant de traditionalité**

CSB CPT 3914, 2001. **Ossature métallique et isolation thermique des bardages rapportés faisant l’objet d’un Avis Technique ou d’un constant de traditionalité**

REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS

Almeida.Tatiana, **Arquitetura e Urbanismo**. Disponível em <http://turmadearquitectura.blogspot.com.br/2012_09_01_archive.html>, acesso em 4 de Agosto de 2013.

ark-arquitetura. **Projeto de Extensão do Museu Guggenheim de Nova Iorque**. Disponível em <<http://ark-arquitetura.blogspot.com.br/2013/01/projeto-de-extensao-do-museu-guggenheim.html>>, acesso em 14 de Junho de 2013.

Arquitetura sustentável. **O telhado verde de Le Corbusier**. Disponível em <<http://arqsustentavel.wordpress.com/2012/06/03/o-telhado-verde-de-le-corbusier/>>, acesso em 4 de Agosto de 2013.

Banema. Disponível em <www.banema.pt>, acesso em 27 de julho de 2013

Bohórquez Peñuela , Juan Manuel.Muro de Trombe. Universidad de los Andes. **Bogotá**. Disponível em <http://htca.us.es/materiales/benitosm/MATERIAL%20AMA/m_trombe.pdf>. Acesso em 30 de Julho de 2013.

Casatreschic. **ARQUITETURA: TORRE CUAJIMALPA**. Disponível em <<http://casatreschic.blogspot.com.br/2010/09/arquitetura-torre-cuajimalpa.html>>, acesso em 15 de Junho de 2013.

Castelnou, Antônio. **Urbanismo Moderno**. Disponível em <http://istoecidade.weebly.com/uploads/3/0/2/0/3020261/ta447_aula13a.pdf>, acesso em 4 de Agosto de 2013.

Ceberg. Riduzione dei consumi energetici sfruttando le principali tecnologie. Disponível em <<http://www.ceberg.it/riduzione-dei-consumi-energetici-sfruttando-le-principali-tecnologie.html>>, acesso em 26 de julho de 2013.

Centro da cultura Judaica. **Casa de cultura de Israel**. Disponível em <www.culturajudaica.org.br>, acesso em 28 de Julho de 2013.

Clicrbs. **Projeto de arquitetura sustentável é premiado**. Disponível em <<http://wp.clicrbs.com.br/missaocasa/2012/11/19/projeto-de-arquitetura-sustentavel-e-premiado/?topo=52,2,18,,196,e196>>, acesso em 15 de Junho de 2013.

Clube de Engenharia. **Clube recupera plantas históricas do Edifício Edison Passos**. Disponível em <<http://www.portalclubedeengenharia.org.br/info/clube-recupera-plantas-historicas-do-edificio-edison-passos>>, acesso em 14 de Junho de 2013.

Daniela Alcântara. Villa Savoye. Disponível em <<http://villasavoyeblog.tumblr.com/post/548928064/localizacao-poissy-franca-arquiteto-le>>, acesso em 15 de Junho de 2013.

Engenhariacivil. **Dossier económico**. Disponível em <<http://engenhariacivil.files.wordpress.com/2008/01/dossiereconomico.pdf>>, acesso em 26 de Julho de 2013.

Guimarães Turismo. **Citânia de Briteiros**. Disponível em <http://www.guimaraesturismo.com/pages/154/?geo_article_id=119>, acesso em 14 de Junho de 2013.

Hunterdouglas. **Projetos**. Disponível em <www.hunterdouglascontract.com>, acesso em 28 de Julho de 2013.

I.B.D.A. forumdaconstrucao. **Arquitetura verde: O edifício Harmonia57**. Disponível em <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=23&Cod=352>>, acesso em 15 de Junho de 2013.

Incooperfil. **La Fachada Ventilada**, disponível em <<http://www.incooperfil.com/la-fachada-ventilada-cms-1-50-117/>>, acesso em 25 de Julho de 2013

Pinto, Horácio. Dossier Técnico Económico- Fachadas Ventiladas. Julho de 2013.

Lauren BoniDoppelhaus. **Le Corbusier (1926-7)**. Disponível em <<http://ipa2laurenboni.blogspot.com.br/2012/03/doppelhaus-le-corbusier-1926-7.html>>, acesso em 4 de Agosto de 2013.

LeCorbusier. **Villa Savoye**. Disponível em <http://www.bc.edu/bc_org/avp/cas/fnart/Corbu.html>, acesso em 4 de Agosto de 2013.

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA. Disponível em <http://www.lth.se/> , acesso em 28 de Julho de 2013.

Marcelo Seferin. **Dia do Arquiteto: Oscar Niemeyer**. Disponível em <<http://abduzeedo.com/node/15278>>, acesso em 4 de Agosto de 2013.

Margarida de Souza Neves. **O Tempo e o espaço**. Disponível em <www.ccpq.puc-rio.br/70anos/tempo-no-espaco/lugares-memoria/pilotis-agora-da-puc-rio>, acesso em 4 de Agosto de 2013.

Mary Ann Sullivan. **Georgia-Pacific Center**. Disponível em <<http://www.bluffton.edu/~sullivanm/atlanta/som/gp.html>>, acesso em 14 de Junho de 2013.

mdc . revista de arquitetura e urbanismo. **Da insustentabilidade do Plano Piloto**. Disponível em <<http://mdc.arq.br/2011/02/1spon7/da-insustentabilidade-do-plano-piloto/>>, acesso em 1º de Agosto de 2013.

Mello e Santos. **Apartamento com planta livre tem mezanino e cozinha aberta.** Disponível em <<http://mellosantosimoveis.blogspot.com.br/2013/03/apartamento-com-planta-livre-tem.html>>, acesso em 4 de Agosto de 2013.

MEYER-BOAKE, T. **The Tectonics of the Double Skin: Green Building or Just more Hi-TechHi-Jinx.** University of Waterloo, School of Architecture. Disponível em <http://www.architecture.uwaterloo.ca/faculty_projects/terri/ds/tectcase.pdf>. Acesso em 6 de Agosto de 2013

Modern-buildings. **Modern buildings:Rio de Janeiro.** Disponível em <<http://modern-buildings.blogspot.com.br/p/rio-de-janeiro.html>>, acesso em 14 de Junho de 2013.

Nathalie Bittendiebel. **Cathedral Notre-Dame de Paris.** Disponível em <<http://www.notredamedeparis.fr/spip.php?article380>>, acesso em 14 de Junho de 2013.

Odebrecht. **O Empreendimento.** Disponível em <<http://www.orealizacoes.com.br/Empreendimentos-Conceito-Tmpt-Um.aspx?id=57>>, acesso em 22 de Junho de 2013.

Olívia de Oliveira, Vitruvius. **Arquitextos.** Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.064/421>>, acesso em 1º de Agosto de 2013.

POIRAZIS, Harris. Double Skin Façades for office building. **Department of Construction and Architecture.** Disponível em <http://www.ebd.lth.se/fileadmin/energi_byggnadsdesign/images/Publikationer/Bok-EBD-R3-G5_alt_2_Harris.pdf>. Acesso em 29 de Julho de 2013.

Revistatechne. **Revestimento de granito com insertes metálicos.** Disponível em <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/106/artigo31680-1.asp>>, acesso em 27 de Julho de 2013.

Ribeiro, João. **Projeto de arquitetura e interiores em cobertura duplex com 600 m².** Disponível em <<http://noticias.vidrado.com/decoracao-e-design/projeto-de-arquitetura-e-interiores-em-cobertura-duplex-com-600-m%C2%B2/>>, acesso em 4 de Agosto de 2013.

Sindipetroalse. **Petrobrás convoca reunião para negociar PLR.** Disponível em <<http://sindipetroalse.org.br/noticia/635/petrobras-convoca-reuniao-para-negociar-plr>>, acesso em 14 de Junho de 2013.

Schloß Schönbrunn. Disponível em <<http://www.schoenbrunn.at>> , acesso em 14 de Junho de 2013.

Skygarden. **SkyGarden Implantados.** Disponível em <<http://www.skygarden.com.br/index.php/skygarden/fotos>>, acesso em 4 de Agosto de 2013.

UUTU, S. Study of Current Structures in Double-Skin Facades. **MSc thesis in Structural Engineering and Building Physics**, Department of Civil and Environmental Engineering, Helsinki University of Technology, Finland. 2001. Disponível em: <<http://www.hut.fi/Units/Civil/Steel/SINI2.PDF>> acesso 26 Julho de 2013.

Wikiarquitectura. **Edifício Seagram.** Disponível em <http://es.wikiarquitectura.com/index.php/Edificio_Seagram>, acesso em 14 de Junho de 2013.

Wikipaintings. **View of the Pantheon of Agrippa.** Disponível em <<http://www.wikipaintings.org/en/giovanni-battista-piranesi/view-of-the-pantheon-of-agrippa-1>>, acesso em 14 de Junho de 2013.

Wikipedia. **Edifício Gustavo Capanema.** Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Edif%C3%ADcio_Gustavo_Capanema>, acesso em 15 de Junho de 2013.

ANEXOS

ANEXO (A) – Relação das exigências de desempenho para sistemas de fachadas duplas ventiladas e respectiva documentação internacional aplicável – relação obtida em Souza, Fernando Manuel Fernandes de. EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO DE FACHADAS VENTILADAS. In: Souza, Fernando Manuel Fernandes de. FACHADAS VENTILADAS EM EDIFÍCIOS. Porto. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009. Cap.3, p. 67 -75.

ANEXO (B) – Relação dos dados de dias típicos de verão e inverno para as capitais brasileiras – relação obtida em ABNT/CB-02. PROJETO 02.136.01-001/1. Setembro de 2007. Anexo A, p.41 - 42.

ANEXO (C)- Requisitos de Desempenho para SVVIE de acordo com a NBR 15575
Fonte. PROJETO 02.136.01-001/4 (2007).

A. Relação das exigências de desempenho para sistemas de fachadas duplas ventiladas e respectiva documentação internacional aplicável

As exigências de desempenho para os sistemas componentes do edifício, como é o caso das fachadas duplas ventiladas, encontram-se agrupadas em grupos exigenciais (EE) definidos pela normatização portuguesa. Para cada grupo são listadas, juntamente com as respectivas descrições, as definições que o sistema deve cumprir e a norma a ser aplicada para avaliação dos requisitos.

Os grupos exigenciais são: **EE1** – Resistência mecânica e estabilidade; **EE2** – Segurança contra incêndios; **EE3** – Higiene, Saúde e Ambiente; **EE4** – Segurança na utilização; **EE5** – Proteção contra o ruído; **EE6** – Economia de energia e comportamento higrométrico; **E7** – Conforto Visual; **E8** – Durabilidade; **E9** – Montagem, Manutenção e Reparação

Grupo Exigencial	Exigência de Desempenho	Descrição da Exigência	Normas Aplicáveis
EE1	Peso Próprio	Suporte do peso próprio e do peso de acessórios incorporados em sua concepção, realizando a transferência a estrutura de forma segura, através de fixação própria	NP EN 1991-1-1
		A deformação máxima dos elementos perfilados horizontais provocada por carga vertical não deve exceder o menor valor entre 3mm e 1/500 da largura do elemento	NP EN 13830
	Resistência ao Vento	Possuir rigidez suficiente para resistir à pressões do vento apresentada no E.L. de Serviço	Transferência da pressão do vento à estrutura do edifício de forma segura através de fixação própria

		A deformação máxima dos elementos perfilados horizontais provocada por pressões de vento, medida entre os pontos de ancoragem, não deve exceder o menor valor entre 15mm e 1/200 da largura do elemento	EN 13116
	Resistência a efeitos sísmicos	A resistência aos efeitos de ações sísmicas deve ser determinada de acordo com especificações válidas no local de instalação	NP EN 13830
	Fixação do Revestimento	Resistência à tração dada por ensaio de arrancamento	-
	Resistência a impactos	Dada a colisão casual com os usuários, o revestimento deve apresentar segurança ao uso e condições adequadas ao serviço	ISSO 7892(1998), EN12600, EN14019
		Revestimentos feitos em vidro devem respeitar às especificações restritas a este produto	EN 12600
	Dilatações térmicas e Recalques Especificados	A concepção do sistema de FDV deve prever o efeito de dilatação dos materiais causado por diferenças de temperatura e considerar a existência de recalques e demais movimentos do edifício especificados em projetos, de modo a não causar danos que possam prejudicar o desempenho de seus componentes	NP EN 13830
	Alteração de características mecânicas no revestimento em condições de umidade	Quando o revestimento atingir grau de saturação, os valores de resistências à tração por flexão e compressão não devem variar significativamente em relação à condição seca.	-
	Resistência a cargas permanentes horizontais	A FDV deve resistir a valor especificado de carga permanente horizontal ao nível do peitoril de janelas	NP EN 1991-1-1
EE2	Reação ao fogo	Referência à classe N1 de reação ao fogo	EN 13501-2
	Propagação de fogo	A FDV deve incorporar elementos que evitem a transmissão de fogo e fumaça através de vazios e nas zonas de interação com as lajes de piso.	

	Resistência ao fogo	Referência à classe N1 de resistência ao fogo	
EE3	Resistência à formação de nódoas e manchas	Definição de classe de resistência ao enodoamento por produtos químicos	-
		Verificação da textura e aspereza. Definição de classe de resistência ao enodoamento por poeira	-
	Fixação de bolores e microorganismos	Evitar aspereza em acabamentos, sobretudo naqueles expostos a umidade constante	-
	Limpeza	Resistência a ações de limpeza. O revestimento não deve necessitar de limpeza usual ou frequente. Referência à classe de resistência à lavagem	-
	Reutilização	Descrição do potencial de reaproveitamento do material após sua remoção do sistema	-
EE4	Equipotencialização	Os componentes metálicos da fachada devem ser ligados à estrutura de modo a constituir uma ligação equipotencial ao circuito de aterramento de edifícios de altura superior a 25m, sendo o valor máximo da resistência de 10 Ohms	NP EN 13830
	Perfil Geométrico de Superfície	As partes externas acessíveis não devem apresentar rugosidade e saliências que provoquem possíveis ferimentos acidentais. Atenção especial deve ser dada às esquinas, bases e ligação entre vãos. A rugosidade admissível pode variar em cada caso.	-
	Resistência à peladura	Resistência à temperatura máxima atingível pelo revestimento exposto a ação solar. O valor máximo para acessibilidade dos usuários é de 60°C	-
EE5	Isolamento a sons de condução aérea	O índice de isolamento a sons aéreos deve ser determinado, quando requerido, por ensaio	NP EN 20140-3, NP EN ISO 717-1
EE6	Coefficiente de transmissão térmica	A avaliação e os respectivos cálculos deste parâmetro devem ser realizados por meio de ensaios nos sistemas de FDV, realizados por métodos regulamentados	EN 13947

	Estanqueidade à água	Classificação da parede segundo sua estanqueidade	EN 12155, EN12154
		Referência do coeficiente de capilaridade e absorção de água do revestimento	
	Permeabilidade ao vapor d'água	As barreiras de controle de vapor d'água devem estar em conformidade com a respectiva norma e com as condições higrotérmicas do edifício	NP EN 13830
	Permeabilidade ao ar	Referência ao valor de permeabilidade ao ar das paredes	EN 12153, EN 12152
	Inércia térmica interior	Referência ao valor da massa da superfície útil	-
EE7	Planeza das superfícies	As zonas expostas às intempéries não devem apresentar diferenças excessivas em relação às zonas abrigadas	-
	Verticalidade	Dimensionamento dos desvios verticais. Desvios de até 10mm são considerados admissíveis	-
	Alinhamento de arestas	Quantificação do desvio da linha de aresta em relação a sua linha média. Desvios de até 5 mm são considerados admissíveis	-
	Regularidade de superfícies	Descrição dos efeitos de superfície e dimensionamento da largura das fissuras. Fissuras de até 0,2mm são consideradas admissíveis, sendo este valor variável de acordo com o caso analisado	-
	Homogeneidade de cor e brilho	Quantificação da diferença de cor na refletância difusa. Diferenças de cor de até 2+- 0,6 e de brilho de até 5%, são consideradas admissíveis, de acordo com o caso analisado	-
EE8	Durabilidade dos componentes, materiais e acabamentos	A durabilidade dos componentes da FDV esta relacionada com a conformidade de seus componentes ao sistema e com as especificações previstas em normas técnicas europeias. A durabilidade deve ser semelhante para todos os componentes da fachada, e estes devem manter suas características quando submetidos ao processo de envelhecimento natural.	NP EN 13830

	Resistência ao atrito	Definição do máximo valor de dureza de grafite que não vinca o revestimento. O grafite 4H não deve deixar vincos no revestimento.	-
	Resistência à erosão por partículas do ar, água e poeira, e pelo escorrimento de água	Os revestimentos não devem alterar sua espessura nem aspecto significativamente devido ao escorrimento. O coeficiente de abrasão é definido em cada caso especificado.	-
	Resistência ao choque térmico	Quando determinada a necessidade de vidro resistente, deve ser usado vidro temperado ou termoendurecido que satisfaça as normas europeias	NP EN 13830
	Resistência a agentes climáticos	Definição do número de ciclos e períodos de exposição que o revestimento deve resistir sem deteriorar. O revestimento manter suas características estanques originais.	-
	Resistência a produtos químicos do ar	Definição do período de exposição a ambiente agressivo considerado que o revestimento resiste sem deteriorar.	-
EE9	Facilidade de transporte de componentes	Indicação da massa unitária dos componentes do sistema, quando transportados em grupo. A massa manipulada por um operário não deve exceder 30Kg.	-
	Aptidão para armazenagem	Correções necessárias ao armazenamento do produto, definição de períodos máximos de armazenagem.	-
	Facilidade de montagem	Indicação dos números máximo e mínimo de horas necessárias para a montagem total do sistema (por metragem quadrada)	-
	Reparo	Reparo da fachada com materiais usualmente encontrados no mercado	-
	Manutenção	A manutenção se limita a substituição de eventuais elementos deteriorados. Deve ser determinado o intervalo de tempo necessário para manutenção	-

B. Relação dos dados de dias típicos de verão e inverno para as capitais brasileiras.

B.1. Dados de dias típicos de inverno

Cidade	Temperatura máxima diária °C	Amplitude diária de temperatura °C	Temperatura de bulbo úmido °C	Radiação solar Wh/m²	Nebulosidade décimos
Aracaju	18,7	5,1	21,5	5348	6
Belém	20,4	10,0	25,5	4161	6
Belo Horizonte	8,7	12,6	16,0	3716	3
Boa Vista	20,7	8,4	24,9		7
Brasília	10,0	12,2	14,8	4246	3
Campo Grande	13,7	11,5	17,3	4250	4
Cuiabá	11,4	14,3	20,1	4163	4
Curitiba	0,7	11,6	11,0	1666	6
Florianópolis	6,0	7,4	13,4		6
Fortaleza	21,5	7,0	24,0	5301	5
Goiânia	9,6	14,9	16,2	1292	3
João Pessoa	19,2	6,5	22,4	4836	6
Macapá	21,8	6,5	24,9		8
Maceió	17,8	7,5	21,7	4513	6
Manaus	21,4	7,9	25,0	4523	7
Natal	19,1	7,8	22,5	5925	5
Porto Alegre	4,3	8,6	12,1	2410	6
Porto Velho	14,1	14,1	23,6	6670	5
Recife	18,8	6,7	22,1	4562	6
Rio Branco	11,9	14,9	22,1	6445	6
Rio de Janeiro	15,8	6,3	19,1	4030	5
Salvador	20,0	5,0	21,7	4547	5
São Luís	21,5	6,9	24,9	4490	6
São Paulo	6,2	10,0	13,4	4418	6
Teresina	18,0	12,6	22,9	5209	4
Vitória	16,7	6,9	20,4	2973	5

B.2. Dados de dias típicos de verão

Cidade	Temperatura máxima diária °C	Amplitude diária de temperatura °C	Temperatura de bulbo úmido °C	Radiação solar Wh/m ²	Nebulosidade décimos
Aracaju	30,9	5,4	24,9	6277	6
Belém	33,4	10,5	26,1	4368	6
Belo Horizonte	32	10,3	21,7	4641	6
Boa Vista	35,3	9,8	25,8		6
Brasília	31,2	12,5	20,9	4625	4
Campo Grande	33,6	10	23,6	5481	6
Cuiabá	37,8	12,4	24,8	4972	6
Curitiba	31,4	10,2	21,3	2774	8
Florianópolis	32,7	6,6	24,4		7
Fortaleza	32	6,5	25,1	5611	5
Goiânia	34,6	13,4	21	4455	4
João Pessoa	30,9	6,1	24,6	5542	6
Macapá	33,5	9	25,8		7
Maceió	32,2	8,2	24,6	5138	6
Manaus	34,9	9,1	26,4	5177	7
Natal	32,1	8	24,8	6274	6
Porto Alegre	35,9	9,6	23,9	5476	5
Porto Velho	34,8	12,5	26	6666	7
Recife	31,4	7,4	24,7	5105	6
Rio Branco	35,6	12,7	25,4	6496	7
Rio de Janeiro	35,1	6,4	25,6	5722	5
Salvador	31,6	6,1	25	5643	5
São Luís	32,5	7,4	25,4	5124	5
São Paulo	31,9	9,2	21,3	5180	6
Teresina	37,9	13,2	25,1	5448	5
Vitória	34,6	7,4	25,9	4068	5

C. Requisitos de Desempenho para SVVIE de acordo com a NBR 15575

Grupo de Desempenho	Requisitos	Critérios de Avaliação	Métodos de Avaliação
Segurança Estrutural	Estabilidade e resistência estrutural dos sistemas de vedação	Estado limite último	Cálculos e ensaios previstos na Norma NBR 15575 -parte 2
	Deslocamentos, fissuração e descolamentos nos sistemas de vedações verticais externas e internas	Limitação de deslocamentos, fissuração e descolamentos	Cálculos e ensaios previstos na Norma NBR 15575 -parte 2
			Ensaio-tipo (sistemas sem função estrutural)
	Solicitações de cargas provenientes de peças suspensas atuantes nos sistemas de vedações externas e internas	Capacidade de suporte para as peças suspensas	Ensaio-tipo, em laboratório ou protótipo, de acordo com o método de ensaio indicado na NBR 15575 -parte 4
	Impacto de corpo-mole nos sistemas de vedações verticais externas e internas, com ou sem função estrutural	Resistência a impacto de corpo-mole	Ensaio-tipo, em laboratório ou protótipo, de acordo com o método de ensaio indicado na NBR 15575
	Ações Transmitidas por Impactos nas Portas	Ações transmitidas por portas internas ou externas	Impacto de corpo-mole
			Fechamento Brusco de portas
	Impacto de corpo-duro com ou sem função estrutural	Resistência a impactos de corpo-duro	Ensaio-tipo, em laboratório ou em campo, de acordo com o método de ensaio indicado na NBR 15575 e ABNT 11675
Cargas de ocupação incidentes sobre guarda-corpos e parapeitos	Ações estáticas horizontais, estáticas verticais e de impactos de corpo-mole incidentes em guarda-corpos e parapeitos	Ensaio-tipo, em laboratório ou em campo, de acordo com o método de ensaio indicado na NBR 15575 e ABNT 14718	

Estanqueidade	Infiltração de água dos sistemas de vedações verticais externas	Estanqueidade à água de chuva, considerando-se a ação dos ventos, em sistemas de vedações verticais externas (fachadas)	Ensaio-tipo em laboratório, de acordo com a norma ou com a ABNT 6486, ou ensaio de protótipo, ou análise de projeto
	Umidade nas vedações verticais externas e internas decorrente da ocupação do imóvel	Estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água – Áreas molhadas	Ensaio de estanqueidade de acordo com a NBR 15575
		Estanqueidade de vedações verticais internas e externas em contacto com áreas molháveis	Inspeção visual a 1m de distância
Desempenho Térmico	Adequação de paredes externas	Transmitância térmica de paredes externas	Cálculos conforme procedimentos previstos na NBR 15575
		Capacidade térmica de paredes externas	Cálculos conforme procedimentos previstos na NBR 15220
	ventilação dos ambientes internos para a ventilação	Valores mínimos admissíveis para as áreas de aberturas para ventilação de ambientes de longa permanência, apresentados na NBR 15575	Cálculos conforme procedimentos previstos na NBR 15575
	Sombreamento das aberturas localizadas em paredes externas	Sombreamento das aberturas	Análise de projeto
Desempenho Acústico	Níveis de ruído admitidos na habitação	Diferença padronizada de nível ponderada promovida pela vedação externa	Ensaio de campo (salas de estar e dormitórios)

		Índice de redução sonora ponderado dos elementos construtivos da fachada	Ensaio em laboratório; valores do índice obtidos pelas normas ISSO 140-3 e ISSO 717-1
Durabilidade e Manutenibilidade	Vida útil de projeto dos sistemas de vedações verticais	Vida útil de projeto	Verificação do atendimento aos prazos definidos na NBR 15575, da realização das intervenções constantes no manual de operação, uso e manutenção fornecido pela construtora, e evidências das correções
Funcionalidade	Manutenibilidade dos sistemas de vedações verticais	Manual de operação, uso e manutenção dos sistemas de vedação vertical	Análise do manual de operação, uso e manutenção das edificações, de acordo com as Normas ABNT NBR 5674 e ABNT NBR 14037
	Interação com portas dos sistemas de vedações verticais	Ações transmitidas por portas internas ou externas	Fechamento Brusco de portas