

DÉBORA MELA

CARACTERIZAÇÃO DE FACHADAS DUPLAS NO BRASIL

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

M5171c Mela, Débora, 1990-
2017 Caracterização de fachadas duplas no Brasil / Débora Mela.
- Viçosa, MG, 2017.
x, 119f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Inclui apêndices.

Orientador: Túlio Márcio de Salles Tibúrcio.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.112-118.

1. Edifícios inteligentes. 2. Arquitetura e clima. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Arquitetura e Urbanismo.
Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. II. Título.

CDD 22. ed. 791.1

DÉBORA MELA

CARACTERIZAÇÃO DE FACHADAS DUPLAS NO BRASIL

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

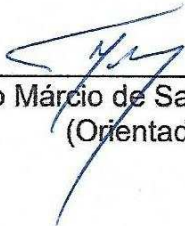
APROVADA: 14 de dezembro de 2017.



Andressa Carmo Pena Martinez



Sabrina Andrade Barbosa



Túlio Márcio de Salles Tibúrcio
(Orientador)

Dedico este trabalho em memória de minha querida irmã Camila Mela, que muito me apoiou e me incentivou a realizá-lo.

AGRADECIMENTOS

A Deus sobre todas as coisas.

À Universidade Federal de Viçosa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa, e aos seus professores, pela acolhida e apoio ao desenvolvimento desta pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pelo período de bolsa concedido.

Ao meu orientador, Professor Túlio Márcio de Salles Tibúrcio, pela disponibilidade e tempo despendido e por ter me ajudado a manter focada nos meus objetivos.

Aos membros da banca examinadora, que gentilmente aceitaram participar e contribuir para a avaliação, aperfeiçoamento e conclusão desta pesquisa.

Aos colegas de mestrado Matheus e Tatiane, pelo companheirismo nessa caminhada.

À Sabrina pelo apoio e incentivo, que gentilmente contribuiu nesta pesquisa.

Ao Renan por todo apoio e carinho incondicional, mesmo à distância.

À minha família, pelo apoio e por todo amor, educação, carinho e incentivo não somente neste trabalho, mas em todos os momentos da minha vida.

À minha irmã Camila Mela (*in memoriam*) que 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.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE QUADROS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	11
1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	11
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo geral.....	13
1.2.2 Objetivos específicos	14
1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO	14
1.4 ESTRUTURA ANALÍTICA E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	15
CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO DE FACHADAS DUPLAS.....	16
2.1 EVOLUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS INTELIGENTES .	16
2.2 FACHADAS INTELIGENTES	18
2.3 FACHADA DUPLA.....	19
2.3.1 Surgimento das Fachadas Duplas	20
2.3.2 Componentes da Fachada Dupla	22
2.3.3 Funcionamento da Fachada Dupla	23
2.3.4 Classificação das Fachadas Duplas	26
2.4 MATERIAIS EMPREGADOS COMO SEGUNDA PELE EM FACHADAS DUPLAS	30
2.4.1 Membrana têxtil	31
2.4.2 Tela reticulada de cabos de aço inox.....	32
2.4.3 Chapa metálica perfurada.....	32
2.4.4 Vergalhão de aço.....	33
2.4.5 Painéis de Concreto Polímero	34
2.4.6 Madeira	34
2.4.7 Vantagens e Desvantagens de usar Fachada Dupla.....	35
2.5 O CONTEXTO DO CLIMA BRASILEIRO PARA A APLICAÇÃO DE FACHADAS DUPLAS.....	37
2.5.1 Clima brasileiro	37
2.5.2 Caracterização climática das cidades brasileiras onde foram encontradas as Fachadas Duplas	39

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA	43
3.1 OBJETO E LOCAL DE ESTUDO	45
3.1.1 Objeto de estudo.....	45
3.1.2 Delimitação da área de estudo	45
3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	46
3.2.1 Estudos de casos.....	46
3.2.2 Determinação do número de casos	46
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS FACHADAS DUPLAS.....	51
4.2 FACHADA DUPLA DE VIDRO	54
4.3 FACHADA DUPLA DE CHAPA METÁLICA	65
4.4 FACHADA DUPLA DE CABO DE AÇO INOX	78
4.5 FACHADA DUPLA DE MEMBRANA TÊXTIL.....	84
4.6 FACHADA DUPLA DE MADEIRA	90
4.7 FACHADA DUPLA DE VERGALHÃO DE AÇO.....	95
4.8 FACHADA DUPLA DE CONCRETO POLÍMERO	98
4.9 CARACTERÍSTICAS MAIS FREQUENTES EM FACHADAS DUPLAS	102
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO	105
5.1 REFLEXÕES	105
5.2 REVISÃO DOS OBJETIVOS.....	107
5.3 RESUMO DOS ACHADOS	108
5.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	110
5.5 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA.....	111
5.6 INDICAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	111
REFERÊNCIAS.....	112
APÊNDICES.....	119
ANEXOS.....	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Primeira fachada dupla: Edifício Steiff Factory – Alemanha	21
Figura 2 - Edifício norte americano Occidental Chemical Company	22
Figura 3 - Componentes da fachada dupla	23
Figura 4 – Representação esquemática do funcionamento de uma fachada dupla	23
Figura 5 - Esquema de implantação do edifício recebendo os ventos na fachada dupla	24
Figura 6– Esquema de ventilação natural e mecânica	27
Figura 7 - Diferentes tipos de geometria da fachada dupla	28
Figura 8 – Esquema dos tipos de percurso do fluxo de ar na cavidade das fachadas duplas	30
Figura 9 - Zoneamento bioclimático brasileiro	38
Figura 10 - Diagrama psicrométrico com a zonas de conforto de Givoni.....	39
Figura 11 – Etapas da metodologia da pesquisa	43
Figura 12 – Esquema da segunda pele que foi considerada para o estudo (a)	45
Figura 13 – Localização dos edifícios encontrados com fachadas duplas.....	48
Figura 14 - Questão 8 do questionário aplicado.	49
Figura 15 – Resultado das características dos edifícios com fachada dupla de vidro	57
Figura 16 – Resultado das características em edifícios com fachada dupla de vidro	61
Figura 17 – Frequência dos resultados da análise de entorno em edifícios com fachada dupla de vidro.....	64
Figura 18 – Resultado das características dos edifícios com fachada dupla de chapa metálica.....	69
Figura 19 – Resultado das características em edifícios com fachada dupla de chapa metálica.....	74
Figura 20 – Frequência dos resultados da análise de entorno em edifícios com fachada dupla de chapa metálica	78
Figura 21 – Resultado das características dos edifícios com fachada dupla de cabo de aço inox.....	80
Figura 22 – Resultado das características em edifícios com fachada dupla de cabo de aço inox.....	82
Figura 23 – Frequência dos resultados da análise de entorno em edifícios com fachada dupla de cabo de aço inox	84
Figura 24 – Resultado das características dos edifícios com fachada dupla de membrana têxtil	86
Figura 25 – Resultado das características em edifícios com fachada dupla de membrana têxtil	88
Figura 26 – Frequência dos resultados da análise de entorno em edifícios com fachada dupla de membrana têxtil.....	90

Figura 27 – Resultado das características dos edifícios com fachada dupla de madeira.....	91
Figura 28 – Características em edifícios com fachada dupla de madeira.....	93
Figura 29 – Frequência dos resultados da análise de entorno em edifícios com fachada dupla de madeira	95
Figura 30 – Resultado das características do edifício com fachada dupla de aço	96
Figura 31 – Característica do edifício com fachada dupla de aço.....	97
Figura 32 – Análise do entorno do edifício com fachada dupla de aço.....	98
Figura 33 – Resultado das características do edifício com fachada dupla de concreto polímero	99
Figura 34 – Características do edifício com fachada dupla de concreto polímero	100
Figura 35 – Análise do entorno do edifício com fachada dupla de concreto polímero.....	101
Figura 36 – Características mais frequentes em edifícios com fachada dupla.....	102
Figura 37 – Características mais frequentes na pele externa das fachadas duplas	102
Figura 38 – Características mais frequentes no entorno de edifícios com fachadas duplas.....	104

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparativo sobre definições de edifícios inteligentes	17
Quadro 2 – Parâmetros que influenciam no funcionamento de fachada dupla.	25
Quadro 3 – Vantagens e Desvantagens da Fachada Dupla	36
Quadro 4 – Condicionantes locais das cidades que foram encontradas as fachadas duplas	40
Quadro 5 – Análise Psicométrica das cidades que foram encontradas as fachadas duplas	41
Quadro 6 - Caracterização de fachadas duplas brasileiras.....	53
Quadro 7 – Edifícios encontrados no Brasil com fachada dupla de vidro	54
Quadro 8 – Características da edificação (vidro).....	56
Quadro 9 – Características da pele externa de vidro	59
Quadro 10 – Variáveis do entorno (vidro)	63
Quadro 11 – Edifícios encontrados no Brasil com fachada dupla de chapa metálica	65
Quadro 12 – Características da edificação (chapa metálica).....	68
Quadro 13 – Características da pele externa de chapa metálica	71
Quadro 14 – Variáveis do entorno (chapa metálica).....	77
Quadro 15– Edifícios encontrados com fachada dupla de tela de cabo de aço	78
Quadro 16 – Características da edificação (cabo de aço inox).....	79
Quadro 17 – Características da pele externa de cabo de aço inox.....	81
Quadro 18 – Variáveis do entorno (cabo de aço inox).....	83
Quadro 19– Edifícios encontrados com fachada dupla de membrana têxtil	84
Quadro 20 – Características da edificação (membrana têxtil)	85
Quadro 21 – Características da pele externa de membrana têxtil	87
Quadro 22 – Variáveis do entorno (membrana têxtil)	89
Quadro 23- Edifícios encontrados com fachada dupla de madeira.....	90
Quadro 24 – Características da edificação (madeira).....	91
Quadro 25 – Características da pele externa de madeira.....	92
Quadro 26 – Variáveis do entorno (madeira).....	94
Quadro 27– Edifícios encontrados com fachada dupla de vergalhão de aço ...	95
Quadro 28 – Características da edificação (Vergalhão de aço).....	96
Quadro 29 – Características da pele externa de Vergalhão de aço.....	97
Quadro 30 – Variáveis do entorno (Vergalhão de aço).....	98
Quadro 31– Edifícios encontrados com fachada dupla de concreto polímero ..	98
Quadro 32 – Características da edificação (concreto polímero)	99
Quadro 33 – Características da pele externa de concreto polímero	100
Quadro 34 – Variáveis do entorno (concreto polímero)	101

RESUMO

MELA, Débora, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2017. **Caracterização de Fachadas Duplas no Brasil**. Orientador: Túlio Márcio de Salles Tibúrcio.

Esta pesquisa buscou caracterizar as fachadas duplas no clima brasileiro. Para isso, foi estudado o conceito e o funcionamento da fachada dupla e a utilização de materiais no projeto da segunda pele desse sistema de fachada. Além disso, para fins de aplicação da fachada dupla no Brasil, foi realizada uma revisão sobre a classificação do clima brasileiro. O estudo qualitativo utilizou como metodologia estudos de casos múltiplos e levantamento bibliográfico para identificação das configurações e materiais, além do vidro, que estão sendo aplicados como segunda pele para o projeto dessas fachadas no Brasil. Esse procedimento foi realizado através de pesquisa eletrônica, em que foram buscadas palavras-chaves pertinentes ao tema de fachada dupla e outros materiais utilizados nesse sistema. Os resultados mostraram que, apesar das fachadas duplas serem bastante difundidas em países com temperaturas amenas, em climas tropicais como o do Brasil, esse sistema também tem sido muito utilizado nos últimos anos. No Brasil, além da utilização da fachada dupla convencional de vidro, outros 6 tipos de materiais têm sido considerados para essa segunda pele em edifícios, são elas: chapa metálica, membrana têxtil, madeira, concreto polímero, vergalhão de aço e os cabos de aço inox. Foram identificados 26 edifícios, em diferentes regiões e cidades brasileiras, que apresentaram uma grande variedade construtiva de fachadas duplas. As regiões que mais concentram a utilização de fachadas duplas foram a Sul, Sudeste e Centro-Oeste, com destaque para a região Sudeste, que apresenta o maior número de edifícios com fachada dupla, e maior diversidade de materiais empregados nesse sistema. Conclui-se que esse sistema é caracterizado no Brasil como uma segunda pele, atuando principalmente como elemento de sombreamento e proteção do edifício, onde os materiais mais utilizados são opacos, variando apenas nas texturas, cor e permeabilidade visual da superfície. Porém, notou-se que fachadas duplas têm sido replicado no Brasil, mais como um aspecto estético do que funcional para os edifícios, muitas vezes sem se preocupar com as condicionantes locais, como o vento e a insolação, onde são implantados.

ABSTRACT

MELA, Débora, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2017. **Characterization of Double Skin Façades in Brazil**. Advisor: Túlio Márcio de Salles Tibúrcio.

This research aimed to characterize the double skin façades in the Brazilian climate. The concept and operation of the double façade and the use of several materials in the design of the second skin of this façade system were studied. In addition, for the application of the double façade in Brazil, a review on the classification of the Brazilian climate was carried out. A literature review and multiple case studies were used as methodology in this qualitative study to identify the configurations and materials, besides glass, that are being applied as second skin for the design of these façades in Brazil. This procedure was carried out through electronic research, in which keywords related to the theme of double façade and other materials used in this system were searched. Results showed that, although double skin façades are very widespread in countries with mild temperatures, in tropical climates such as in Brazil, this system has also been widely used in recent years. In Brazil, in addition to the use of the conventional double glass facade, other 6 types of materials have been considered for this second skins in buildings, namely: metal plates, textile membranes, woods, polymer concretes, steel rebar and stainless steel cables. Twenty six buildings were identified in different Brazilian regions and cities, which presented a large variety of constructions of double façades. The regions with the highest concentration of double skin façades were South, Southeast and Midwest regions, with emphasis on the Southeast region, which has the largest number of buildings with double skin façades. As conclusion, in Brazil, this system is characterized as a second skin, acting mainly as a shading element and protection of the building, where the most used materials are opaque, varying only in textures, color and visual surface permeability. However, it was identified that double skin façades in Brazil have been replicated, more as an aesthetic aspect for buildings than functional, often without worrying about local conditions, such as wind and insolation, where they are implanted.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Este capítulo tem por finalidade apresentar os motivos que levaram ao questionamento para realização desta pesquisa e seus principais objetivos. Assim, serão apresentadas a seguir a justificativa e a relevância da pesquisa de caracterização de fachadas duplas inseridas no clima brasileiro, seguido da estrutura analítica e organização da dissertação.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A arquitetura sempre teve como primeiro e principal objetivo o atendimento às expectativas dos seus usuários, desde os aspectos básicos de habitabilidade até a fruição estética que esse abrigo pode vir a proporcionar ao ser humano (VOORDT, WEGEN, 2013). Segundo Croome (2004) parte considerável da vida humana acontece no interior de espaços edificados, por isso a qualidade ambiental e bem-estar nesses ambientes refletem diretamente na satisfação do modo de morar e na melhoria da produtividade de trabalho desses usuários.

Partindo desse conceito, Croome (2004) salienta que para a concepção de edifícios inteligentes¹, o usuário deve ser considerado o ponto chave, pois nessas edificações são incorporadas soluções na arquitetura que buscam melhorias nas técnicas construtivas para alcançar um melhor desempenho dos ambientes. Segundo Tibúrcio, Silva e Moraes (2011) a complexidade e a necessidade de planejamento e gerenciamento dos edifícios inteligentes, são marcantes pela crescente busca do mercado por maior qualidade e melhor desempenho do produto adquirido. Devido a isso, os projetistas passaram a buscar cada vez mais por soluções arquitetônicas que contribuam com o meio ambiente e o contentamento do ser humano que habita esses espaços.

¹ Um edifício inteligente é qualquer estrutura que utiliza processos automatizados para controlar automaticamente as operações do edifício, incluindo o aquecimento, ventilação, ar condicionado, iluminação, segurança e outros sistemas.

Nesse contexto, as fachadas de edifícios inteligentes oferecem um meio privilegiado para atuar e propor soluções arquitetônicas construtivas, uma vez que elas têm grande influência em proporcionar qualidade ambiental aos ocupantes (ALBERTO, RAMOS, ALMEIDA, 2017). Em razão disso, as fachadas se mostram um importante componente de vedação vertical que fomenta contínuos estudos na busca de soluções inovadoras em termos construtivos e arquitetônicos para desempenho ambiental (SACHT et al., 2012). Recentemente, o termo “fachada” tem sido associado à concepção do envelope como um sistema ambiental inteligente capaz de controlar a passagem de iluminação, calor, som e ventilação para o ambiente interno (BAROZZI et al., 2016).

Dentre as possibilidades de fachadas nesses edifícios inteligentes, um sistema que vem ganhando popularidade na prática de construção da fachada de edifícios é a Fachada Dupla, que usa a transparência como recurso estético. Esse sistema envolve a adição de uma segunda camada de vidro à fachada convencional, criando uma cavidade de ar entre as camadas. Porém, a aplicação dessa tipologia de fachada em países de clima tropical, como no Brasil, ainda é muito recente, o que denota a necessidade para mais investigações sobre o tema, principalmente, no sentido de se estabelecerem diretrizes para se alcançar a qualidade e o bem-estar dos usuários em edifícios que incorporam tal solução tecnológica.

Há indícios que em países localizado em climas quentes e secos como, Irã e China, já existem edifícios com a aplicação desse sistema de fachadas duplas. Nasrollahi e Salehi (2015) indicam que, embora as fachadas duplas funcionem bem no inverno de climas quentes e secos, está aplicação pode causar superaquecimento entre as camadas durante o verão. No entanto, os autores sugerem que para resolver a questão da temperatura da cavidade, é importante prever o correto dimensionamento das janelas, situação e posição adequadas dos dispositivos de sombreamento, bem como o espaço otimizado da cavidade².

Zhou e Chen (2010) também afirmam, em que o bom funcionamento dessas fachadas em climas quentes depende, principalmente, do dimensionamento da

² A geometria da cavidade refere-se à divisão física do espaço intermediário da fachada. Sua função está relacionada com a adição de uma camada externa, que forma um corredor de ar entre ela e a fachada interior.

geometria da cavidade e das condições de ventilação, a localização do sistema de sombreamento e o material dos vidros. Além das vantagens mencionadas, esse sistema de fachada, quando bem projetada, é indutora de melhorias no conforto ambiental higrotérmico, luminoso, acústico e de qualidade do ar interno, além da redução da demanda por energia.

No entanto, apesar de a maioria dos estudos dedicados às fachadas duplas terem foco o uso do vidro como material para a segunda camada, outros materiais no Brasil têm sido, recentemente, considerados para o projeto da segunda pele como por exemplo: membrana têxtil (PAECH, 2016; ZHANG et al, 2016); chapa metálica perfurada (BLANCO et al., 2016); tela reticulada de cabos de aço inox (AECWEB, 2017); vergalhão de aço (ARCHDAILY, 2017); painéis de concreto polímero (ULMA, 2017); e a madeira (STAZI. et al., 2014).

Entretanto, embora diferentes possibilidades de materiais terem sido considerados, ainda há falta de estudos que justifiquem a aplicação desse sistema de fachadas em edifícios inseridos em climas tropicais como do Brasil. Além disso, o termo “Fachada Dupla” é pouco difundido no país, por isso existe a necessidade de compreender o seu conceito e identificar como estão sendo aplicadas no clima brasileiro. Diante da falta dessas informações, questiona-se:

- Quais características as fachadas duplas apresentam no Brasil, e qual sua principal função para os edifícios?

Para responder essa pergunta foram realizados estudos de casos em edifícios que apresentam fachadas duplas, buscando assim investigar suas principais características técnicas e a percepção do usuário quanto ao critério de satisfação do emprego desse sistema. No entanto, vale ressaltar que o estudo focou apenas em edifícios que apresentam uma segunda pele contínua que cobre a fachada como um todo, como será demonstrado na Figura 13 do item 3.1.1 do Capítulo 3.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desse trabalho foi caracterizar as fachadas duplas no Brasil.

1.2.2 Objetivos específicos

Buscando atender ao objetivo geral, são objetivos específicos:

(O.E.1) Analisar conceitos e o funcionamento da fachada dupla;

(O.E.2) Caracterizar o clima brasileiro, para fins de aplicação de fachadas duplas no Brasil;

(O.E.3) Identificar configurações e materiais que possam ser aplicados como fachada dupla a partir do conceito visto no (O.E.1);

(O.E.4) Investigar edifícios com composições de fachadas duplas no Brasil.

1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO

A tecnologia na área de fachadas tem passado por avanços significativos nos últimos anos, buscando integrar elementos específicos para se adaptarem às condições externas e às exigências do usuário. Os avanços foram tanto em termos de qualidade de materiais e componentes como na sua concepção global e projeto do sistema de fachada dupla.

Considerando o aspecto social, Mazzarotto (2011) diz que a utilização desses modelos de fachadas em edifícios reflete diretamente sobre a sensação de conforto de seus ocupantes. Em edifícios comerciais por exemplo, onde os trabalhadores se sintam mais confortáveis fisicamente e, psicologicamente, aumentam as chances de maior produtividade. Para a mesma autora, as fachadas duplas permitem maior uso da estratégia de ventilação natural para os ambientes, bom aproveitamento da iluminação natural e isolamento acústico contra ruídos externos. Assim, esses elementos tendem a ser percebidos pelos usuários como um ambiente com maior conforto.

Justifica-se também por ser um tema recente no Brasil, o que resulta a ausência de estudos sobre a aplicação e caracterização desse sistema de fachadas nos edifícios brasileiros, principalmente com a implantação de outros materiais na segunda camada da fachada. Por isso, existe a necessidade de buscar mais avaliações sobre o tema, pois a aplicação desse sistema em climas quentes pode gerar alto consumo energético e problemáticas condições de conforto interno. Tibúrcio e Barbosa (2012) citam que o projeto da fachada dupla para regiões de climas quentes deve ser objeto de extensos estudos devido à variedade de configurações possíveis. Assim, destaca-se a importância em

conhecer diferentes configurações e materiais que estão sendo aplicados nessa tipologia de fachada no Brasil.

1.4 ESTRUTURA ANALÍTICA E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação foi estruturada em cinco capítulos:

No Capítulo 1 procede-se ao enquadramento do tema, caracterizando o problema da pesquisa seguido dos objetivos, relevância do estudo proposto e organização da tese.

O Capítulo 2 apresenta considerações provenientes da revisão de literatura sobre os principais temas abordados na pesquisa, como: o conceito de fachada dupla, sendo apresentada a sua descrição técnica, e as diferentes tipologias seguido de outros materiais recentemente considerados para o projeto da segunda pele de fachadas duplas. Além disso, são apresentadas as vantagens e desvantagens relacionadas com este elemento construtivo, apresentando alguns edifícios no clima tropical brasileiro com este tipo de fachada.

No Capítulo 3 é apresentada a metodologia adotada para a realização da pesquisa e obtenção dos resultados. Neste capítulo, apresenta-se a classificação da pesquisa e suas etapas, seguindo pela descrição do objeto e local de estudo e em seguida os procedimentos que foram utilizados para levantamento de dados e alcance dos resultados esperados.

O Capítulo 4 apresenta e discute os resultados extraídos dos Estudos de Casos, expondo as principais características técnicas dos edifícios e das fachadas duplas. Além disso, aponta soluções de configurações e materiais utilizados no clima tropical brasileiro.

No Capítulo 5 são apresentadas reflexões gerais do presente trabalho, respondendo à pergunta geral da pesquisa, seguida das respostas aos objetivos e um resumo dos principais achados nos resultados. Por fim são apontadas as contribuições e limitações da pesquisa, assim como sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO DE FACHADAS DUPLAS

Neste capítulo, serão apresentadas considerações provenientes da revisão de literatura sobre os principais temas abordados na pesquisa, como: evolução dos edifícios e o emprego das fachadas inteligentes; surgimento da fachada dupla, abordando brevemente a sua evolução histórica até características do seu comportamento; outros materiais empregados no projeto da segunda pele de fachada dupla; e uma contextualização do clima brasileiro com foco nas principais cidades que foram encontradas as fachadas duplas para esse estudo.

2.1 EVOLUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS INTELIGENTES

Com a evolução da civilização e o início do sedentarismo do Homem, as habitações passaram a ser usadas como meio de abrigo e de proteção. Em meio a esses avanços surgiram os edifícios, locais onde grupos de pessoas se reúnem e se comunicam, realizando tarefas em grupo e mantendo repositórios de informação. Desde então, os edifícios tornaram-se, assim, o centro das atividades de negócios e constituem hoje a base da vida urbana em uma sociedade (NUNES, SÊRRO, 2005).

À medida que os edifícios foram evoluindo nas suas múltiplas vertentes, foram-se destacando também em suas instalações técnicas, cuja complexidade tem vindo sempre a aumentar. Segundo Nunes e Sêrro (2005) o surgimento dos edifícios inteligentes partiu da transformação da sociedade industrial na sociedade informática dos nossos dias, devido à necessidade de oferecer flexibilidade, de se adaptar a novas tecnologias e a novos requisitos exigidos.

Um dos motivos que impulsionaram a expansão desses edifícios no mercado de edificações foi principalmente a busca por economia de energia, juntamente com a administração eficaz do seu consumo, além da grande redução nos custos dos equipamentos de informática (ARKIN, PACIUK, 1997; NUNES, SÊRRO, 2005).

A partir desta realidade e graças às novas tecnologias da informação e das comunicações, surge uma nova forma de construir adotada nos edifícios atuais, nos quais se observa uma nova arquitetura.

O termo Edifícios Inteligentes apresenta diferentes entendimentos entre órgãos e profissionais, o qual vem evoluindo no tempo, gradualmente introduzindo o conceito de rede de monitores e equipamentos. No entanto, os edifícios inteligentes que mais vêm se destacando nesse setor podem ser vistos em continentes como a Europa, Ásia e América. Países mais ricos, como a Alemanha e Estados Unidos investem grandes quantidades de dinheiro em controle inteligente de sistemas que são integrados na concepção do edifício inteligente (SARB. et al., 2015). O Quadro 1 apresenta como alguns autores definem o conceito desse termo e como avaliam as suas principais intenções relacionadas à inteligência do edifício.

Quadro 1 - Comparativo sobre definições de edifícios inteligentes

AUTORES	CONCEITOS	INTENÇÕES
Arkin (1990)	Induz os conceitos de alta qualidade e visa a possibilidade de retorno rápido do dinheiro investido.	Tecnologia x Retorno financeiro
Croome (2004)	Busca princípios sustentáveis, saudável, ecologicamente consciente, além de satisfazer as necessidades dos ocupantes e ser flexível e adaptável para lidar com a mudança.	Preocupação com o meio ambiente x Qualidade e produtividade dos usuários
Nunes e Sêro (2005)	Aquele que oferece uma grande flexibilidade de utilização, tendo capacidade de evoluir, de se adaptar às necessidades das organizações e de proporcionar, em cada momento, o suporte mais adequado à sua atividade.	Tecnologia x Qualidade dos usuários
Messias (2007)	É aquele que promove a partilhação de dados de um sistema para outro, onde se aplicam processos e tecnologias, de forma apropriada para satisfazer as necessidades dos proprietários e dos ocupantes.	Tecnologia x Qualidade dos usuários
So e Chan (2012)	Instituto de Edifício Inteligente (IBI) dos EUA define esse termo como aquele que proporciona ambientes produtivos e econômicos, através da otimização de quatro elementos básicos: estrutura, sistemas, serviços e gestão.	Tecnologia
	Grupo Europeu de Edifícios Inteligentes (EIBG) define como aquele que proporciona um ambiente que maximiza a eficácia dos ocupantes do edifício, enquanto permite que a gestão dos recursos seja eficiente com custos mínimos para o tempo de vida dos hardwares e das instalações.	Qualidade dos usuários
Sarb (2015)	Busca a economia e as últimas tecnologias, além de se preocupar com as pessoas, é sustentável e tem ambiente operacional que acomoda a estrutura e os sistemas por completo.	Tecnologia x Qualidade dos usuários

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Além das definições apresentadas no quadro acima Tibúrcio e Pieroni (2012) mostram que a inteligência desses edifícios está relacionada a busca de cinco ideais: Economia, Conforto, Segurança, Flexibilidade, Comunicação e Sustentabilidade.

Um componente importante desses edifícios inteligentes é a fachada, tanto no ponto de vista de imagem quanto no de desempenho energético que elas permitem alcançar. Sendo assim, no próximo item será exposto a função dessas fachadas inteligentes.

2.2 FACHADAS INTELIGENTES

Para Sacht et al., (2012), a fachada trata-se da separação dos ambientes internos e externos, podendo ser um atenuador de absorção, ajustando os ganhos e perdas desse para o interior do edifício. Uma de suas principais funções é criar condições favoráveis para se habitar o edifício, protegendo o ambiente interior contra a ação indesejável de agentes atuantes como calor, frio, sol, chuva, vento, umidade, ruídos etc. Além disso, a fachada pode ser responsável por grande parte de redução do consumo de energia nos edifícios ao funcionar como uma barreira seletiva em relação às condições climáticas, possibilitando condições de conforto interiores sem o uso de sistemas mecânicos de climatização.

Baseado nesses princípios, os avanços na área de fachadas têm aumentado significativamente, apresentando uma diversidade de configurações e materiais para ser empregados, incluindo a busca por soluções passivas, vidros duplos, proteção solar e sistemas de ventilação. Devido ao nível de aperfeiçoamento cada vez mais complexo em fachadas, surgiu o termo “fachadas inteligentes”.

Para Ochoa e Capeluto (2009), a inteligência da fachada pode estar relacionada com o desempenho que ela proporciona a envoltória do edifício. Desse modo, a arquitetura vem observando a crescente mudança no conceito de fachadas, onde se nota que estão cada vez mais inteligentes, devido à facilidade de se adaptarem a qualquer meio exterior. Por isso, esse sistema de fachadas se difere do sistema tradicional, porque emprega elementos capazes de controlar e permitir a adaptação da envoltória do edifício como um moderador das condições externas.

Atualmente, o mercado possibilita um grande número de elementos e configurações de fachadas, variando no orçamento, orientação solar, tamanho de janelas e tipo de vidro. Além de serem utilizadas para produção de energia, essas fachadas podem gerar calor através de painéis fotovoltaicos, *brises* ou persianas automatizadas, ou até mesmo com a implantação de vegetação.

Dentre as configurações possíveis de fachadas inteligentes, uma configuração que vem se destacando em projetos de edifícios, tornando-se um importante elemento arquitetônico que aproveita sistemas solares passivos é a Fachada Dupla, um sistema muito conhecido por ser utilizado em climas mais frios como na Europa e, principalmente, na Alemanha. Esse sistema de fachadas apresenta várias vantagens, como redução no aquecimento e refrigeração, bom nível de isolamento acústico e maior proteção contra a poluição do ar (MAZZAROTTO, 2011).

2.3 FACHADA DUPLA

O termo “Fachada Dupla” passou a ser difundido a partir de 1990, e utilizado intensamente na Europa, principalmente em edifícios corporativos. Essa tendência foi impulsionada pela exploração da transparência na arquitetura e inovações tecnológica do vidro.

Segundo Barbosa et al., (2013) “a fachada dupla é composta, em geral, de uma camada de vidro colocada a certa distância da camada interior, e juntas formam uma cavidade, permitindo que o ar circule entre elas”. Mazzarotto (2011) explica que:

No inverno, a fachada dupla representa uma cobertura adicional para o edifício, e no verão poderá ser sua proteção do sol [...]. No espaço entre as duas camadas, podem ser alocados dispositivos de proteção solar, para sombreamento, mantendo o espaço para circulação do ar, de forma que a temperatura do ar interno se mantenha o mais próximo possível do ar externo. As aberturas da fachada dupla podem ser abertas no verão para permitir a circulação do ar, e fechadas no inverno para criar uma camada isolante, reduzindo as perdas de calor do edifício (MAZZAROTTO, p.19, 2011).

Para o mesmo autor, as vantagens deste tipo de fachada, é permitir que o funcionamento do edifício seja mais dinâmico, procurando se adaptar ao momento climático do ano com menor dependência da climatização artificial. Além dessas vantagens Yilmaz e Cetintas (2005) citam que as fachadas dupla

apresentam bom isolamento acústico, proteção contra incêndio, visão estética e desempenho energético.

A cavidade formada por esses dois panos de vidro funciona como um isolamento contra as temperaturas extremas, os ventos fortes e ruídos (POIRAZIS, 2004; MAZZAROTTO, 2011; BARBOSA, 2012). Outro benefício desse sistema é que ele permite introduzir alguns dispositivos para proteção solar entre a cavidade, possibilitando a organização de diferentes formas, com relação ao número de permutações e combinações das três camadas. Em outras palavras, esse sistema de fachada caracteriza-se como um vidro que cobre um ou mais pavimentos de um edifício, composta por várias camadas, onde as peles podem ser estanques ou não à entrada do ar (MAZZAROTTO, 2011).

Poirazis (2004) define as fachadas duplas como um sistema que consiste de duas peles envidraçadas instaladas de forma a permitir o fluxo do ar na cavidade intermediária, podendo ser a ventilação da cavidade de três formas: natural, mecânica ou artificial. A ventilação que passa na cavidade, a origem e o destino do ar podem ser diferentes dependendo, principalmente, das condições climáticas, do uso, da localização, do período de ocupação do edifício e da estratégia utilizada.

2.3.1 Surgimento das Fachadas Duplas

Em períodos mais quentes, grandes áreas envidraçadas passaram a se tornar um problema nos edifícios já no século XIX na Europa. Em 1849, Jean-Baptiste Jobar³, sugeriu uma versão de fachada dupla ventilada, mencionando que o ar entre panos de vidro pudesse ser aquecido ou resfriado intencionalmente e assim modificar o comportamento das grandes fachadas envidraçadas (BRAHAM, 2005). Com essa definição, configurava-se uma das primeiras versões de fachada dupla mecanicamente ventilada.

De acordo com uma revisão de literatura feita por Poirazis (2004), esse sistema foi utilizado pela primeira vez em 1903, na Glengen-Alemanha, no Edifício *Steiff Factory* (Figura 1). A aplicação tinha como objetivo maximizar o aproveitamento da luz natural, atendendo o clima frio e limitando os fortes ventos da região. Essa proposta constituía de uma estrutura de três pavimentos com o primeiro

³ Diretor do Museum Industrial em Bruxelas.

pavimento utilizado para depósito e os pavimentos superiores para escritórios. A fachada dupla aplicada nas fachadas do edifício foi um sucesso e outras duas edificações da fábrica foram ampliadas em 1904 e 1908 recebendo o mesmo sistema (POIRAZIS ,2004).



Figura 1 - Primeira fachada dupla: Edifício Steiff Factory – Alemanha
Fonte: Poirazis, 2004

Já nos de 1950, na Escandinávia, foi desenvolvido um sistema de fachada dupla com o princípio de extração mecanizada do ar da cavidade para melhorar o desempenho dos fechamentos envidraçados. Foram empregados panos de vidro duplos ou triplos, tendo como objetivo manter a temperatura do vidro interno com temperatura próxima ao do ambiente condicionado artificialmente. Com isso, o desconforto relacionado à assimetria por radiação nestas condições extremas era minimizado (MAZZAROTTO, 2011).

Desde então, as fachadas duplas passaram a ser utilizadas, porém, ainda apresentavam pouco progresso no seu desenvolvimento tecnológico até o final dos anos 70 e início dos anos 80, expandindo apenas nos anos 90. Com a crise do petróleo em 1970, o foco desse sistema de fachadas passou a buscar a eficiência energética. Um exemplo desta época é o edifício norte americano *Occidental Chemical Company*, construído em *Niagara Falls* em 1980 (Figura 2). A partir desse período as fachadas começaram a ser diferenciadas pelo tipo de ventilação adotada (POIRAZIS ,2004).

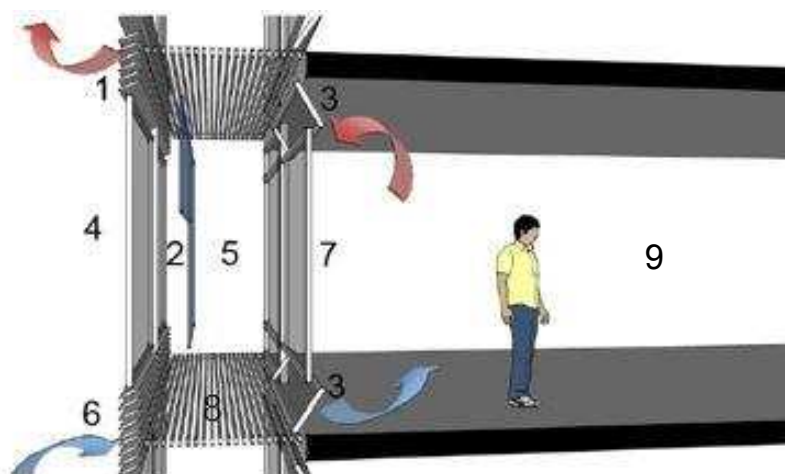


Figura 2 - Edifício norte americano Occidental Chemical Company
Fonte: Poirazis, 2004

2.3.2 Componentes da Fachada Dupla

Quanto à estrutura e materiais que geralmente são usados nas fachadas duplas, Lee et al., (2002) afirmam que a camada exterior mais comum é o vidro, já a camada da fachada interior é constituída por janelas fixas ou operáveis. Mazzarotto (2011) apresenta um esquema da fachada dupla com seus componentes (Figura 3):

- Pele externa geralmente totalmente envidraçada;
- Pele interna geralmente apresenta partes opacas e transparentes (janelas). Quando a fachada é naturalmente ventilada, o vidro da pele interna geralmente é isolante;
- Cavidade intermediária é o espaço entre as duas peles. Pode ser ventilada naturalmente ou mecanicamente, variando de 20 centímetros a 2 metros de profundidade;
- Aberturas internas são janelas operáveis pelos usuários, permitindo ventilação natural para os ambientes;
- Dispositivos de sombreamento integrados à cavidade intermediária.



1 – Abertura para exaustão do ar para o exterior; 2 – Dispositivo de sombreamento; 3 – Janela operável interna; 4 – Pele externa; 5 – Cavidade intermediária; 6 – Abertura para insuflamento do ar externo; 7- Pele interna; 8 – Grade para manutenção; 9- Ambiente interno.

Figura 3 - Componentes da fachada dupla
Fonte: Mazzarotto, 2011.

2.3.3 Funcionamento da Fachada Dupla

Barbosa (2015) explica que a fachada dupla funciona como uma chaminé térmica que pode promover a ventilação natural usando a flutuabilidade térmica induzida pelo sol e a pressão resultante dos efeitos do vento ao redor do prédio. A Figura 4 mostra a representação esquemática de trocas de calor na fachada dupla.

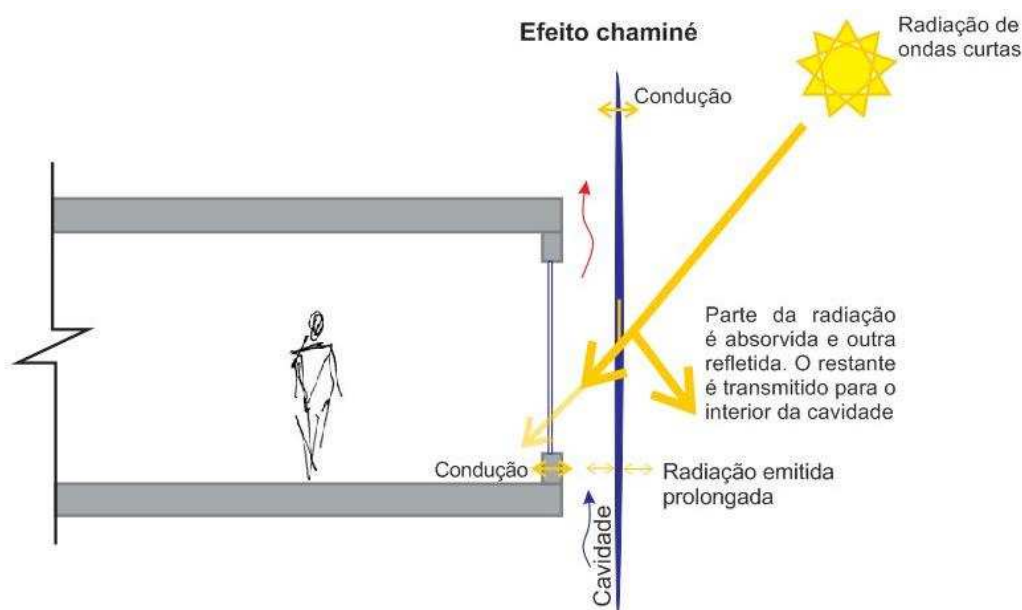


Figura 4 – Representação esquemática do funcionamento de uma fachada dupla
Fonte: Elaborado pela autora, 2017; adaptado de Barbosa, 2015.

A medida que o ar é aquecido na cavidade ele se expande, tornando-se menos denso, e tende a ascender ao topo da fachada, através do efeito chaminé

(POIRAZIS, 2004; ASADI et al., 2016). Devido a diferença da altura entre a entrada e saída do ar e o efeito chaminé proporcionado pela incidência de radiação solar na superfície absorvedora, é criada uma diferença de pressão entre o interior da cavidade e o exterior. Devido a isso, o ar da cavidade se eleva ao topo da fachada para o exterior (NEVES, RORIZ, 2012).

Além disso, fluxos de ar mínimos podem ser atingidos dentro da cavidade quando o vento está em direção paralela à fachada, e aumenta quando está perpendicular, especialmente se a fachada dupla estiver localizado à sotavento do edifício, o que reforça o efeito térmico da cavidade (GRATIA, DE HERDE, 2004; LOU et al. , 2012). A Figura 5 representa um esquema da implantação de um edifício com fachada dupla recebendo os fluxos de ar do local.

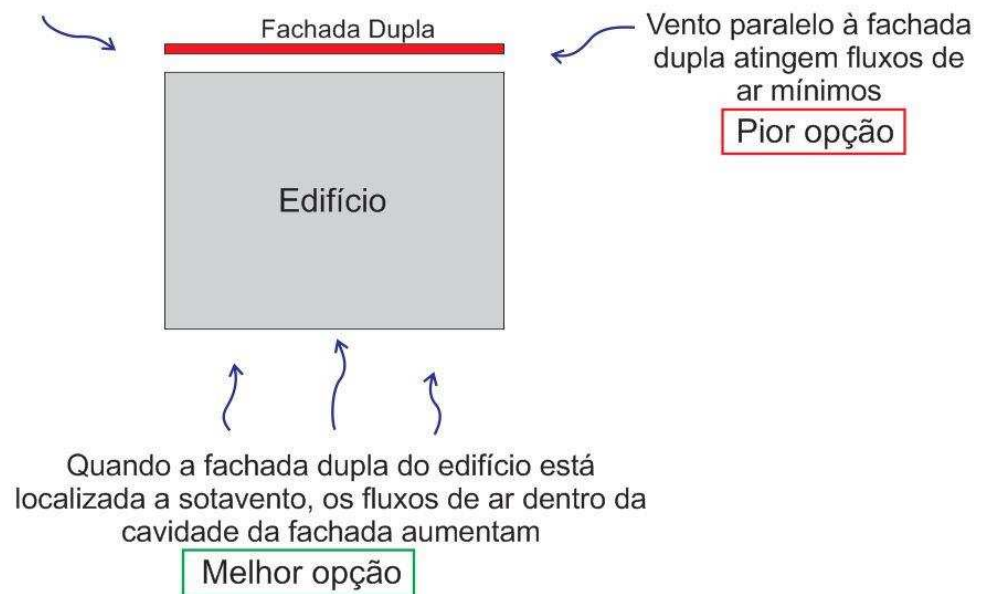


Figura 5 - Esquema de implantação do edifício recebendo os ventos na fachada dupla
Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

O dispositivo de sombreamento que geralmente estão localizados dentro da cavidade também podem aumentar a temperatura do ar dentro da cavidade, pois segundo Pappas e Zhai (2008) “parte das radiações transmitidas através da camada externa são absorvidas pelo dispositivo de sombreamento e liberadas para a cavidade do ar por convecção” (p. 14). Porém, nem todos os casos de fachada dupla adotam dispositivos de sombreamento.

Alguns parâmetros que podem influenciar no funcionamento desse sistema, são citados por alguns autores e expostos no Quadro 2 a seguir. Porém, é importante reavaliar esses parâmetros para cada clima e condições climáticas que forem inseridos.

Quadro 2 – Parâmetros que podem influenciar no funcionamento de fachada dupla

PARÂMETROS			
PARÂMETROS DA FACHADA	Altura da cavidade	<ul style="list-style-type: none"> • Estender a cavidade acima do telhado do edifício é uma solução para aumentar a diferença de pressão entre os fluxos de entrada e saída de ar. Porém, precisa ser calculado para cada geometria de construção diferente; • Ao fechar as janelas dos andares superiores aumenta-se a diferença entre os fluxos de entrada e saída de ar. 	Barbosa (2015)
	Geometria e estrutura da cavidade	<ul style="list-style-type: none"> • A geometria em formato de múltiplos pavimentos conforme foi apresentada no item 2.3.4.2, apresenta melhor funcionamento nos edifícios naturalmente ventilados; • Geometria em formato de corredor, a diferença de altura entre as aberturas de entrada e de saída ar são menores, cobrindo apenas um andar. Dessa forma, a fachada dupla tende a ser menos eficaz na promoção da ventilação natural. 	Barbosa (2015); Poirazis (2004)
	Largura da cavidade	<ul style="list-style-type: none"> • Cavidades mais estreitas melhoram o efeito chaminé térmica, porém, podem criar uma maior resistência ao fluxo de ar fornecido nos ambientes internos; • É recomendado um mínimo de 40 cm necessário para acessar a cavidade para manutenção e, 1 m de largura no máximo para evitar a perda de área; • Dependendo dessa dimensão oferecida pelo espaço da cavidade, podem ser instalados dispositivos de sombreamento; • Para obter um bom desempenho, a profundidade da cavidade deve estar entre 0,70 m e 1,20 m, pois assim, consegue-se estabelecer um equilíbrio entre a transmissão de calor para o interior do edifício; 	Pappas e Zhai (2008); Radhi <i>et al.</i> , (2013); Barbosa e Ip (2014); Barbosa (2015)
	Dispositivos de sombreamento	<ul style="list-style-type: none"> • A cor escura ou os materiais de alta absorção aumentam a ventilação na cavidade. No entanto, a cor branca é a mais recomendável; • Os dispositivos de sombreamento devem ser colocados no meio da cavidade. Quando os brises são implantados mais próximos da superfície interna do vidro, a temperatura interna entre as camadas aumenta; • Ângulos horizontais devem ser evitados, pois podem obstruir a circulação do ar de elevação. Por isso, ângulos mais altos parecem ser mais apropriados; • Podem regular a incidência solar que alcança a camada interna e realça o fluxo de ar através do edifício. 	Gratia e De Herd (2007); Haase, Da Silva e Amato, (2009); Zhou e Chen (2010); Barbosa (2015);
	Propriedades do vidro da camada externa	<ul style="list-style-type: none"> • Altas velocidades de transmissão aplicadas na camada externa aumentam a temperatura do ar e o efeito chaminé na cavidade; • Com a presença de ar condicionados em edifícios, a fachada dupla minimiza os componentes convectivos e radiativos da transferência de calor, reduzindo assim a carga de arrefecimento do edifício; 	Barbosa (2015); Barbosa e Ip (2014)

Continua...

Continuação Quadro 2

	Aberturas da cavidade	<ul style="list-style-type: none"> • Aberturas maiores levam a maiores taxas de fluxo de ar dentro da cavidade. • O topo da cavidade deve ser grande, quanto possível; • Ao fechar o fundo da cavidade melhora-se a ventilação do fluxo de ar através do ambiente interno. 	Barbosa (2015)
PARÂMETROS DA CONSTRUÇÃO	Materiais da pele interna	<ul style="list-style-type: none"> • A aplicação de materiais de alta massa térmica na camada interna leva a uma maior temperatura da cavidade do ar; 	Barbosa e Ip (2014)
	Abertura e posição das janelas internas	<ul style="list-style-type: none"> • A área envidraçada entre o espaço do ocupante e o espaço da cavidade não deve ser inferior a 30% para obter condições de fluxo de ar favoráveis em um prédio de oito andares; • Se a área envidraçada for = 90%, o grande ganho de calor solar na sala do usuário pode aumentar o desconforto térmico. 	Haase <i>et. al.</i> , (2009); Barbosa (2015)
PARÂMETROS DO ENTORNO	Radiação e orientação solar	<ul style="list-style-type: none"> • A fachada norte parece ser a orientação mais efetiva para edifícios com fachadas duplas no Brasil; • Os dispositivos de sombreamento devem controlar adequadamente a radiação de onda curta na sala do usuário; • Em cidades altamente densas o sombreamento criado por edifícios circundantes tem que ser considerado; • As orientações mais desfavoráveis para fachadas duplas são, Leste e Oeste, pois as mesmas aumentam as cargas de refrigeração do edifício. 	Barbosa (2015); Barbosa e Ip (2014); Gratia e De Herd (2007)
	Velocidade e direção do vento	<ul style="list-style-type: none"> • A direção do vento tem um grande impacto na quantidade e direção do fluxo de ar através da cavidade e das outras aberturas do edifício. 	Barbosa (2015); Barbosa e Ip (2014)

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

2.3.4 Classificação das Fachadas Duplas

Quanto à classificação das fachadas duplas, a literatura geralmente as categoriza de acordo com três parâmetros: tipo de ventilação, geometria da cavidade e o caminho do fluxo de ar dentro da cavidade (YILMAZ, CETINTAS, 2005; ALBERTO, RAMOS, ALMEIDA, 2017). Além disso, também é possível diferenciá-las a partir de fatores secundários, como a largura da cavidade, a extensão em altura da fachada ou se as entradas de ar forem ou não automatizadas.

2.3.4.1 Tipo de ventilação

Quanto à definição do tipo de ventilação, ou seja, o tipo de força que faz circular o ar entre a fachada exterior e a camada interior, Poirazis (2004) apresenta três categorias: natural, mecânica e híbrida.

Ventilação Natural: A ventilação natural resulta da diferença de pressão entre o ar aquecido e o ar frio – efeito chaminé. O ar quente (menos denso que o ar frio) tende a subir pela fachada, escapando pelo topo desta. A ação do vento pode também contribuir para a ventilação natural, criando uma pressão positiva na base da fachada e uma subpressão no topo do edifício.

Ventilação Mecânica: A ventilação mecânica do ar é causada por uma diferença de pressão induzida por equipamentos específicos, como ventiladores. Nesse caso, ao contrário do que acontece com a ventilação natural, o sentido de circulação do ar não é obrigatoriamente ascensional, podendo em alguns casos o fluxo de ar deslocar-se de cima para baixo (Figura 6).

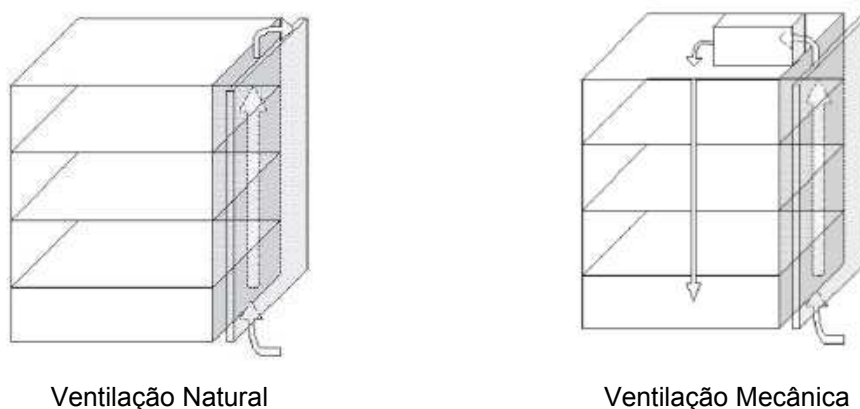


Figura 6– Esquema de ventilação natural e mecânica
Fonte: Poirazis, 2004

Ventilação Híbrida: Nesse caso, são usados meios mecânicos como apoio à ventilação natural, que deve ser usada tanto quanto possível de forma a diminuir o consumo de energia. A ventilação mecânica apenas é ativada quando as diferenças de pressão e velocidade do vento são insuficientes para garantir o funcionamento desejado da fachada. A ativação da ventilação secundária é gerida por um sistema de controle automatizado por meio de sensores para avaliar a temperatura e qualidade do ar na fachada e no espaço interior.

2.3.4.2 Geometria da cavidade

A geometria da cavidade refere-se à divisão física do espaço intermediário da fachada podendo ser dividida em quatro grupos distintos: *Box-Window* (fachada confinada), *Corridor facade* (fachada corredor), *Shaft-Box* (fachada chaminé com shaft vertical) e *multi-storey* (fachada de múltiplos pavimentos) (OESTERLE et al., 2001). A figura a seguir apresenta os quatro casos.

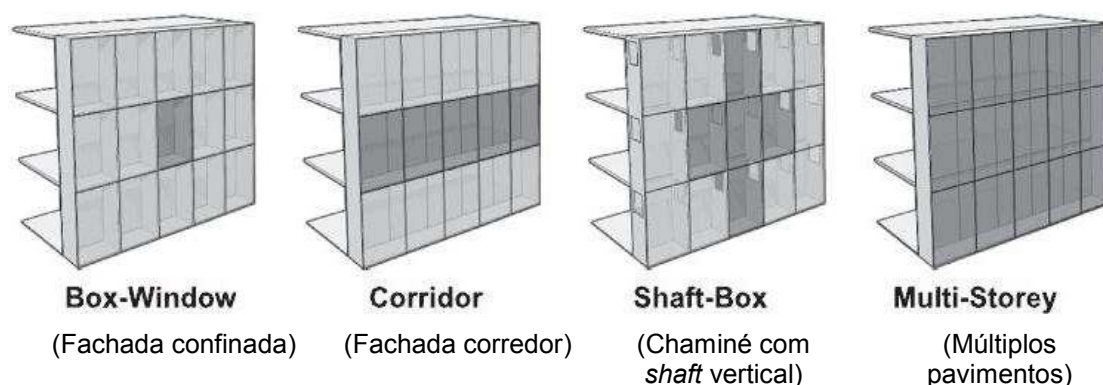


Figura 7 - Diferentes tipos de geometria da fachada dupla
Fonte: Alberto, Ramos e Almeida, 2017.

Fachada confinada: é representada por elementos separadores na horizontal, a cada pavimento, e verticais, a cada janela, que segmentam a fachada em caixas independentes. As aberturas para entrada e saída do ar são instaladas em cada módulo, de forma que o aquecimento do ar da cavidade é menor e permite um nível mais eficaz de ventilação natural. Essa configuração de fachada é uma ótima opção quando se pretende diminuir a transmissão de ruído entre compartimentos e entre pisos.

Fachada corredor: sua fachada é dividida a cada pavimento, por motivos de isolamento acústico, exigências de proteção contra incêndios ou necessidades específicas de ventilação. Elementos físicos podem ser posicionados entre os pavimentos segmentando a fachada em corredores independentes verticalmente, porém contínuos no sentido horizontal.

Fachada chaminé com shaft vertical: composta por módulos separados de forma semelhante as Fachadas Confinadas. Seus corredores de ar horizontais se conectam à cavidade contínua vertical, que configura um *shaft* para assegurar o efeito de exaustão do ar de cada pavimento. Assim, o ar nos corredores é aquecido, e exaurido pelo *shaft* por efeito chaminé através das aberturas no topo deste espaço contínuo.

Fachada de múltiplos pavimentos: caracteriza-se por apresentar uma cavidade única, sem divisões horizontais ou verticais, de forma que o espaço intermediário configura um grande volume. A ventilação da cavidade acontece com a aplicação de aberturas próximas ao chão e sobre o topo do edifício, porém há casos onde são colocadas aberturas intermediárias entre a base e o topo da fachada.

3.2.4.3 Percurso do fluxo de ar na cavidade

O percurso do fluxo de ar na cavidade depende da disposição das aberturas para entrada e saída de ar, que influencia o modo como a cavidade é ventilada. Esta forma de classificação é independente do tipo de ventilação aplicado (descrito no item 2.3.4.1) e se refere à origem e ao destino do ar que circula na cavidade.

No entanto, diferentes modos de ventilação podem coexistir na mesma fachada, especialmente quando se trata de fachadas duplas. Chegar a uma definição precisa do modo de ventilação da cavidade depende de muitos fatores, como condições climáticas (velocidade de ventos, diferenças de temperatura, etc.) e sistema de ventilação mecânica do edifício, entre outros. A classificação possui cinco modos de ventilação distintos (POIRAZIS, 2004):

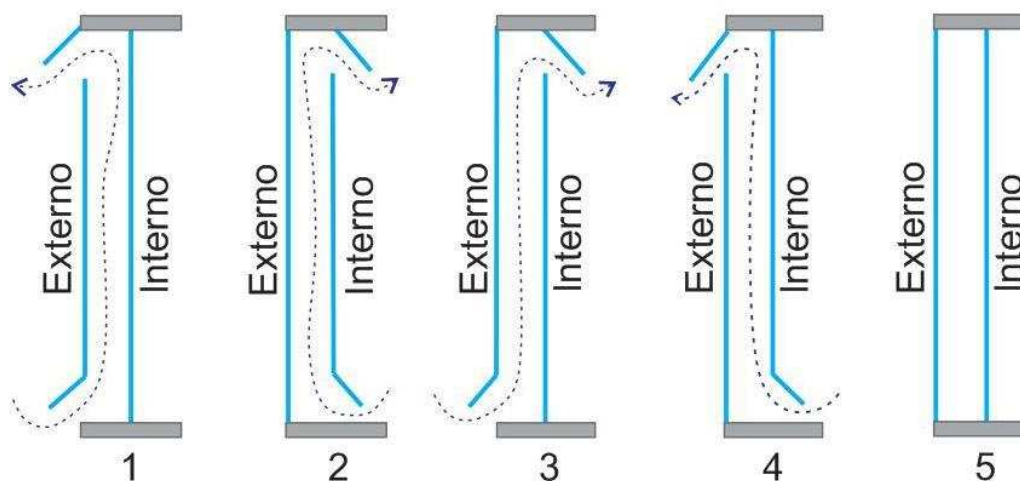
Cortina de ar exterior: nesse caso, o ar introduzido na cavidade vem do exterior e é imediatamente exaurido para fora do espaço. Assim, a ventilação da cavidade configura uma cortina de ar envolvendo a pele externa.

Cortina de ar interno: aqui o ar vem do interior do ambiente e retorna para o mesmo, através de um sistema de ventilação. Forma uma cortina de ar que envolve a pele interna da fachada.

Suprimento de ar: nesse caso, o ar exterior é insuflado para a cavidade, e desta para o ambiente ou sistema de ventilação, assim, o suprimento de ar do edifício origina-se da fachada.

Exaustão do ar: nesse caso, o ar interno vem do interior do edifício e é expelido para o exterior.

Zona de transição: nesse caso, as duas peles da fachada são estanques, não permitindo a ventilação da cavidade, conformando uma zona isolante de transição entre exterior e interior do edifício. A Figura 8 mostra uma esquematização de como funciona cada um destes modos de ventilação.



1- Cortina de ar exterior; 2- Cortina de ar interno; 3- Suprimento de ar; 4- Exaustão do ar; 5- Zona de transição.

Figura 8 – Esquema dos tipos de percurso do fluxo de ar na cavidade das fachadas duplas
Fonte: Elaborado pela autora, 2017; adaptado de BBRI, 2004.

Na Fachada Zona de Transição, seu canal intermédio forma um espaço isolado, não havendo ventilação, nem trocas de ar entre o exterior e o interior. Esta tipologia é mais indicada para climas mais frios em que se pretende diminuir as perdas de calor. As outras configurações descritas acima podem adotar um funcionamento semelhante ao de uma fachada Zona de Transição através do fechamento de todas as suas grelhas de ventilação.

Combinando os critérios das categorias de classificação apresentado anteriormente dará origem ao conceito da fachada dupla do edifício. Porém, algumas combinações são mais usuais, sendo que alguns conceitos serão mais adequados a um tipo específico de clima do que outros.

Segundo Mazzarotto (2011), Alberto, Ramos e Almeida (2017) e Blanco et al., (2016), além do vidro, material citado e apresentado nesta seção (item 2.3), outros materiais para vedação dessa segunda camada podem ser encontrados e empregados, a fim de proteger o ambiente interno de agentes externos. Portanto, o uso de fechamentos opacos e de elementos reticulados para controle solar e de ventilação também podem ser consideradas como fachadas duplas. Esses materiais serão apresentados com mais detalhes no item 2.4.

2.4 MATERIAIS EMPREGADOS COMO SEGUNDA PELE EM FACHADAS DUPLAS

Além de fachadas duplas com vidro, outros materiais para o projeto da segunda pele têm sido recentemente considerados, por exemplo: os fechamentos opacos

de elementos reticulados para controle solar e de ventilação, também apresentam a função de envelopamento do edifício, e buscam protegê-lo de agentes externos. Nesse contexto, esta seção fará uma abordagem sobre alguns dos materiais que estão sendo aplicados para envelopamento de fachadas no Brasil.

2.4.1 Membrana têxtil

O uso de membranas e folhas têxteis como parte do envelope do edifício está se tornando popular, e exemplos marcantes foram realizados durante os últimos anos (GOPPERT, PAECH, 2015). Segundo Paech (2016), podem distinguir-se dois tipos diferentes: membranas têxteis - um material compósito constituído por um tecido de base tecida que é normalmente revestido em ambos os lados - e folhas, que são extrusões muito finas com uma espessura de menos de 0,4 mm.

Diversas combinações de materiais são usadas para os compósitos de membrana têxtil. Os tecidos arquitetônicos são frequentemente tecidos a partir de fios de poliéster revestidos com PVC⁴ ou fios de fibra de vidro que são revestidos com PTFE⁵. Esses tecidos são revestidos para proteger as fibras dos fios de influências ambientais, mas também para permitir que segmentos de membrana individuais sejam costurados juntos em termos de soldadura (PAECH, 2016). O PTFE é uma estrutura que tem muitas vantagens em relação ao PVC, porque tem mais durabilidade, é mais fácil de limpar e é uma membrana incombustível.

Segundo Zhang et al. (2016) essas fachadas de membrana têxtil oferecem oportunidades para a expressão arquitetônica, com formas livres e complexas estruturalmente viáveis e economicamente atraentes. Além disso, possuem como vantagem controlar a transmitância de luz, leveza, alta resistência, resistência à corrosão e isolamento térmico.

Essas membranas podem ser completamente preenchidas, com transmitância à luz entre 0 e 40% ou feita com uma malha com vazios (PAECH, 2016). A membrana de PVC pode atingir de 5 a 15% de transmissão de luz, com uma vida

⁴ Policloreto de vinila (PVC): plástico não 100% originário do petróleo;

⁵ Politetrafluoretileno (PTFE): polímero conhecido mundialmente pelo nome comercial teflon, onde os átomos de hidrogênio estão substituídos por flúor, sendo assim um fluoropolímero e um fluorocarbono.

útil de 15 a 20 anos. Quanto mais grossa a membrana, menor será a transmissão de luz através dela (CREMERS et al., 2016).

2.4.2 Tela reticulada de cabos de aço inox

O aço é um dos materiais mais versáteis empregados na indústria da construção civil. Os revestimentos em aço são facilmente adaptáveis ao projeto arquitetônico, podendo ser cortados, soldados e conformados, de acordo com a necessidade da obra (AECOWEB, 2017).

A vantagem em utilizar a tela metálica para arquitetura, é permitir efeitos visuais únicos às fachadas de edifícios projetados em consonância com requisitos de conforto térmico e lumínico, pois a envoltória do edifício é protegida pela tela de aço inox que filtra a incidência de raios solares e permite a ventilação direta, ao mesmo tempo que propicia um efeito óptico de luz e sombra na malha da tela metálica para fachada.

O fabricante Hunter (2017), afirma que devido a robustez do material e consistência, ele é resistente a intempéries e à corrosão, podendo ser facilmente limpo com apenas a chuva recebida nas zonas exteriores. Além disso, essas telas metálicas se adaptam tanto a grandes dimensões como também a dimensões de difíceis detalhes (ARCHDAILY, 2017).

2.4.3 Chapa metálica perfurada

A chapa metálica perfurada é um sistema de painel que pode ser fabricado em diversos tipos de materiais, como aço carbono (ferro), aço inoxidável, alumínio, cobre, latão, plástico ou outros que admitam perfuração. Além disso, seu acabamento permite dobra, corte, escovação, lixamento, galvanização eletrolítica, galvanização a fogo, e pintura (MULTIFUROS, 2015).

De acordo com Mainini, et al. (2014) uma das questões mais complicadas na análise deste tipo de pele como revestimento de fachadas é o desenho da sua geometria, pois a placa é composta por uma distribuição homogênea de pequenos furos, dificultando a predição do seu comportamento geral no cenário real, com lacunas diretamente abertas ao ambiente externo. Para Blanco, et al. (2016) o projeto errado desse material pode infelizmente levar a condições gerais de desconforto no interior do edifício, além do aumento do consumo de energia.

Segundo Blanco, et al. (2016) no que diz respeito às taxas de perfuração, as configurações devem variar de forma significativa para otimizar o uso em zonas climáticas onde é necessária alta carga de resfriamento por sombreamento da radiação solar intensa. Quanto ao material e a cor, o aço galvanizado, seguido de perto pelo alumínio branco, são considerados as combinações mais apropriadas para fachadas.

Quanto aos aspectos ambientais, as chapas perfuradas inserem-se como elementos de controle do meio externo para o interno, como a relação à incidência de radiação solar e luz, pois proporcionam um sombreamento da radiação solar direta e difusa. Esse material se enquadra em tecnologias passivas, pois não dependem de acionamento mecânico para atuarem. Além disso, o uso destes componentes proporciona ao usuário uma integração visual com o ambiente externo (MINIOLI, 2014).

Segundo Minioli, (2014) quando aplicado em clima quente-úmido, esse material deve estar afastado da janela interna, criando um espaço de ar ventilado para propiciar um sombreamento e auxiliar na dissipação do ar quente. Já em condições de climas frios, o autor diz que as chapas perfuradas podem ser aplicadas próxima a fachada da edificação, sem apresentar uma cavidade ventilada. Pois assim, irá ocorrer um acúmulo de calor que irá ajudar aquecer a edificação.

Blanco, et al. (2014) conclui que quanto maior a taxa de perfuração, menor a diferença de temperatura com o exterior, e a utilização de alumínio na cor branca é mais favorável.

2.4.4 Vergalhão de aço

O vergalhão de aço é um elemento amplamente utilizado na construção civil. Porém, tem aparecido em fachadas de edifícios assumindo um papel tanto com a função de elemento de sombreamento, como um elemento estético.

Sua resistência e durabilidade garantem aplicações que vão da estrutura ao envelopamento de edificações. O uso em fachadas vale-se dessas propriedades combinadas a outras qualidades técnicas e estéticas. Além disso, seu uso é

particularmente recomendado em ambientes altamente agressivos com contato à radiação UV⁶, além de regiões litorâneas ou industriais (ARCHDAILY, 2014).

2.4.5 Painéis de Concreto Polímero

O concreto polímero, é constituído por uma combinação de agregados de sílice e quartzo misturados com resinas de poliéster estável. Essa miscelânea é controlada por rigorosos padrões de qualidade, o que assegura o desenvolvimento de um produto de características mecânicas quatro vezes maiores do que às do concreto convencional (ULMA, 2017).

Atualmente é possível encontrar esse produto como painéis no revestimento de fachadas ventilada. O fabricante Ulma (2017) explica que os painéis são compostos por um núcleo da mistura de agregados de basalto, sílica e quartzo com resinas de poliéster, forrados com uma capa superficial de resinas termoestáveis. Essas placas são protegidas por um escudo superficial que proporciona proteção contra os raios UV e outros agentes atmosféricos como a ambientes salinos.

2.4.6 Madeira

As fachadas de madeira estão se tornando um sinal visível de uma crescente popularidade do uso de madeira na indústria da construção. O uso desse material em fachadas pode trazer muitos benefícios significativos como: economia de energia, conforto e luz natural, especialmente para condições de conforto interior. Segundo Stazi, et al. (2014) a madeira apresenta maior capacidade calorífica específica, e menor condutividade térmica. Essa menor condutividade térmica determina as suas propriedades isolantes mais elevadas e, conseqüentemente, a sua capacidade de armazenar o calor e liberá-lo em um tempo de atraso (durante à noite).

Dependendo tanto da espécie como da sua localização na construção, a madeira pode ser facilmente tratada com conservantes para protegê-la contra agentes externos, quando expostos a ambientes agressivos, estendendo assim um ciclo de vida natural (PELAZ, et al., 2017).

⁶ (UV) radiação ultravioleta.

Segundo Pajchrowski, et al. (2014) do ponto de vista ecológico e tecnológico, esse material apresenta vários benefícios, como: leveza e resistência mecânica; bom coeficiente de condutividade térmica; não muda suas dimensões quando a temperatura muda; ótimo isolamento acústico; resistência aos efeitos de substâncias químicas destrutivas; absorve a umidade em condições altamente úmidas e o libera em condições muito secas, influenciando positivamente o microclima dos quartos, e é um material renovável. Além disso, o mesmo autor afirma que em termos de revestimento, não só a caracterização do material é importante, mas também seu projeto e montagem, pois influencia na transmitância da fachada, de acordo com cada zona climática.

2.4.7 Vantagens e Desvantagens de usar Fachada Dupla

Blomsterberg (2007) aponta que um dos propósitos da utilização desse sistema de fachadas no verão é a busca pela redução das altas temperaturas no interior dos edifícios e redução das perdas de calor durante o inverno. Os edifícios que possuem fachada dupla podem incorporar estratégias de ventilação natural, iluminação natural e ganho de calor solar, como elementos chaves para a obtenção de conforto e desempenho ambiental (MAZZAROTTO, 2011).

Além disso, o mesmo autor relata que outros benefícios podem ser associados ao uso de fachadas duplas: criação de zona de transição térmica, proteção contra os ventos fortes para abertura das janelas, proteção contra incêndios, estética, isolamento acústico, ventilação noturna natural e espaço para instalação de células fotovoltaicas.

Porém, em meio a multiplicidade de configurações possíveis, a implementação do sistema dessas fachadas em um edifício deve ser muito bem estudada, buscando prever seu comportamento nos diversos parâmetros a serem atingidos, e a partir disto definir as características construtivas que o sistema deve apresentar para assegurar seu correto funcionamento ao longo do ano e evitar que efeitos contrários indesejados aconteçam.

Sendo assim, o quadro a seguir apresenta algumas vantagens do uso desse sistema. Muitas vantagens do uso do sistema já foram exibidas ao longo do texto. Porém, a intenção desta seção é sistematizar em tópicos estes benefícios, buscando oferecer uma visão ampla das razões que podem levar projetistas e clientes a optarem pela tecnologia.

Quadro 3 – Vantagens e Desvantagens da Fachada Dupla

FUNÇÃO	CITAÇÃO	BENEFÍCIOS
Ventilação Natural	Poirazis (2004)	<ul style="list-style-type: none"> • Para promover o uso da ventilação natural para os ambientes internos, diferentes tipos do sistema podem ser aplicados de acordo com a localização, clima e orientação do edifício;
		<ul style="list-style-type: none"> • Contribui na redução do consumo de energia e melhora as condições de conforto dos ocupantes;
		<ul style="list-style-type: none"> • Por ser tratar de uma estratégia passiva, as demandas de energia para resfriamento artificial são minimizadas.
Ventilação Noturna Natural	Lee et al. (2002)	<ul style="list-style-type: none"> • Permite aberturas de janelas internas a noite quando há maior insegurança;
		<ul style="list-style-type: none"> • Pode ser usada em climas onde a variação entre as temperaturas diurnas e noturnas é significativa, e com prevalência de vento;
		<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de remover os ganhos térmicos absorvidos pelos materiais das mobílias, paredes, pisos e tetos durante o dia.
Isolamento Térmico	Poirazis (2004) Mazzarotto (2011)	<ul style="list-style-type: none"> • As fachadas duplas podem promover um isolamento térmico maior que uma fachada simples, tanto no inverno como no verão;
		<ul style="list-style-type: none"> • No inverno, se a pele adicional externa permanecer fechada, melhora-se o isolamento do fechamento pelo aumento da sua resistência aos processos de transferência de calor;
Controle Solar	Braham (2005)	<ul style="list-style-type: none"> • O controle dos ganhos solares nos edifícios com fachadas duplas ventiladas é obtido pelo posicionamento de elementos de sombreamento no interior da cavidade, assim como pela habilidade da cavidade de absorver parte da radiação incidente;
		<ul style="list-style-type: none"> • Estes elementos de proteção solar, tipicamente compostos de lâminas horizontais, podem ser fixos ou retráteis, controlados pelos ocupantes ou por automação, conferindo ao edifício a adaptabilidade desejada pela variação das condições climáticas externas.
	Poirazis (2004)	<ul style="list-style-type: none"> • Pode-se tirar proveito da estanqueidade da cavidade quanto aos agentes naturais para posicionar os componentes de sombreamento da fachada;
		<ul style="list-style-type: none"> • Ajuda a evitar o aumento de calor em determinados períodos do dia; • Por estarem abrigados das chuvas, ventos e poluição, apresentam menor necessidade de manutenção que os elementos posicionados externamente demandam.
Isolamento Acústico	Poirazis (2004)	<ul style="list-style-type: none"> • Com a aplicação da fachada dupla, o isolamento acústico do edifício em relação a ruídos provenientes do exterior pode ser melhorado;
		<ul style="list-style-type: none"> • As fachadas do tipo múltiplos pavimentos obtêm melhores resultados, com poucas aberturas e com vidros de espessuras diferentes.
Iluminação Natural	Mazzarotto (2011)	<ul style="list-style-type: none"> • As fachadas duplas ventiladas, podem reduzir o consumo de iluminação artificial, já que o uso da luz do dia é preferível, por sua variação e reprodução de cores;
		<ul style="list-style-type: none"> • Permitindo a iluminação natural, aumenta-se o conforto ambiental, influenciando tanto a saúde física e mental quanto a produtividade dos ocupantes.

Continua...

Continuação Quadro 3

Economia de energia e redução nos impactos naturais	Poirazis (2004)	<ul style="list-style-type: none"> • Uma economia significativa de energia pode ser alcançada quando é possível operar as janelas para ventilação natural dos ambientes, ou aumentar o período em que a ventilação natural pode ser explorada, minimizando o uso de fontes de condicionamento artificiais.
		<ul style="list-style-type: none"> • A padronização da fachada, pela repetição de módulos, também pode levar à eficácia do uso de recursos para a construção e facilidade de manutenção, no caso da necessidade de substituição ou atualização de seus componentes.
Estética	Lee et al. (2002)	<ul style="list-style-type: none"> • Valorização comercial
		<ul style="list-style-type: none"> • Envolvência com o ambiente exterior-interior

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

2.5 O CONTEXTO DO CLIMA BRASILEIRO PARA A APLICAÇÃO DE FACHADAS DUPLAS

Entender o contexto climático da área que será implantado o edifício proposto é essencial antes de iniciar um projeto. As condições ambientais que envolvem esse edifício podem ajudar o projetista na hora de conduzir um projeto com qualidade, identificando as principais estações e períodos desconfortáveis e confortáveis para os ocupantes. Com base nesse conhecimento climático, o projetista pode identificar possíveis estratégias de projeto.

Segundo Varejão (2006) o clima é definido pelo conjunto de fenômenos meteorológicos, como radiação solar, temperatura ambiente, umidade do ar, precipitação, condição do vento e do céu. Nesta seção, serão apresentados resumidamente as características climáticas do território brasileiro, identificando suas diferenças entre as regiões.

2.5.1 Clima brasileiro

Cerca de 93% do território brasileiro está localizado no Hemisfério Sul, o restante (7%) encontra-se no Hemisfério Norte, isso significa que o território está na zona intertropical do planeta, com exceção da região Sul. Em alguns pontos, predominam os efeitos de massas de ar quente; em outros, de massas de ar frio. Há também as ações da vegetação, da altitude e das variações de latitude, entre outros aspectos. Devido a imensidão, diferentes regiões do país apresentam diferenças nas suas características climáticas (FREITAS, 2016).

Em termos normativos, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005) fez um mapeamento do clima no território brasileiro, dividindo o país em oito zonas

bioclimáticas (Figura 9). Essas zonas estão definidas de acordo com as características climáticas de 330 células em todo o Brasil, considerando as médias mensais das temperaturas máximas, as médias mensais das temperaturas mínimas, e as médias mensais da umidade relativa do ar.

Esse zoneamento climático fornece um conjunto de recomendações construtivas para cada uma dessas zonas, visando que as edificações tenham um melhor desempenho térmico, o que ocorre quando estão construídas de modo adequado para o clima local. Algumas destas diretrizes construtivas recomendadas são: dimensões das aberturas para ventilação; proteção das aberturas; vedações externas (tipos de cobertura, tipos de parede e piso); e, estratégias de condicionamento térmico passivo.

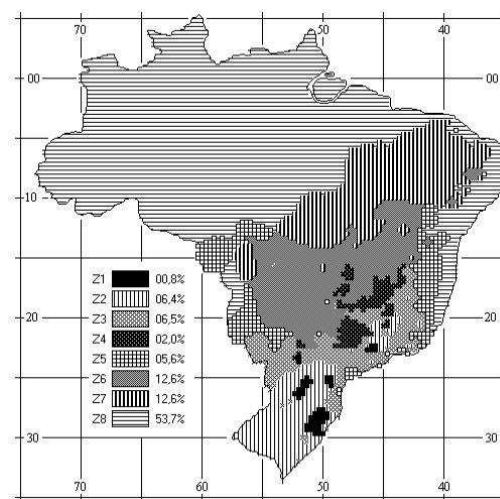
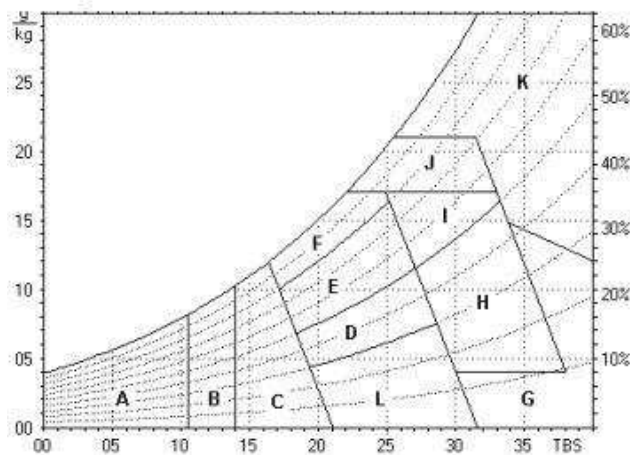


Figura 9 - Zoneamento bioclimático brasileiro
Fonte: ABNT, 2005.

Essas estratégias, são baseadas no gráfico psicrométrico (Figura 10) desenvolvido para edifícios não-climatizados em países em desenvolvimento por Givoni (1992). Esse gráfico indica alternativas para aumentar a zona de conforto, induzindo soluções para o projeto arquitetônico melhorar a sensação térmica do usuário. O gráfico baseou-se em cálculos que projetam as temperaturas internas desejadas para edifícios adequadamente projetados para o seu ambiente, com proteção solar e ventilação natural adequada.



A – Zona de aquecimento artificial (calefação); **B** – Zona de aquecimento solar da edificação; **C** – Zona de massa térmica para aquecimento; **D** – Zona de Conforto Térmico (baixa umidade); **E** – Zona de Conforto Térmico; **F** – Zona de desumidificação (renovação do ar); **G + H** – Zona de resfriamento evaporativo; **H + I** – Zona de massa térmica de refrigeração; **I + J** – Zona de ventilação; **K** – Zona de refrigeração artificial; **L** – Zona de umidificação do ar.

Figura 10 - Diagrama psicrométrico com a zonas de conforto de Givoni
Fonte: ABNT, 2005.

Nesta pesquisa, o gráfico de Givoni ajudou a avaliar as cidades que foram encontradas as fachadas duplas. Na próxima seção, serão mostradas as condicionantes locais, a análise psicrométrica e a classificação bioclimática de cada cidade.

2.5.2 Caracterização climática das cidades brasileiras onde foram encontradas as Fachadas Duplas

A avaliação climática das cidades que foram encontradas fachadas duplas são apresentadas nos Quadros 4 e 5 para destacar as diferenças nas condições climáticas que esse sistema está sendo inserido no clima brasileiro. Para isso, a análise psicrométrica de cada cidade foi realizada utilizando o *software Bio Analysis*, que foi desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina no Brasil. Além disso, as temperaturas máxima, média e mínima também foram analisadas. As condições de vento também são relatadas mostrando a direção e as velocidades predominantes em cada cidade.

Quadro 4 – Condicionantes locais das cidades que foram encontradas as fachadas duplas

CONDICIONANTES DO LOCAL					
Cidades		Temp. máx.	Temp. min.	Temp. Média	Ventos predominantes
Brasília, DF.	Lat.-15° 46' 46 S	33,4	4,0	22,8	Leste
Belo Horizonte, MG.	Lat. 19° 55' 15"S	36,1	9,4	25,9	Leste
Goiânia, Go.	Lat.16° 40' 43"S	29,8	17,7	23,2	Nordeste
São Paulo, SP.	Lat.24° 29' 15"S	32,8	7,5	22,5	Sul e Sudeste
Rio de Janeiro, RJ.	Lat.21° 56' 01"S	38,2	13,0	27,2	És-sudeste e Sul
Curitiba, PR	Lat.25° 25' 40"S	35,0	0,3	21,2	Leste e Sudeste
Florianópolis, SC.	Lat.27° 35' 48"S	34,0	5,0	25,3	Norte e Nor-nordeste
São Leopoldo, RS.	Lat.29° 45'37"S	36,5	1,3	24,6	Leste És-sudeste
Canoas, RS.	Lat.29° 55'04"S	36,5	1,3	24,6	Leste És-sudeste
Referências		Try (2017) Normais (2017)			Try (2017) Wind Rose (2017)

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

O quadro a seguir mostra as principais estratégias que são recomendadas de acordo com as cidades que foram encontradas as fachadas duplas.

Quadro 5 – Análise Psicométrica das cidades que foram encontradas as fachadas duplas

ANÁLISE DO GRÁFICO PSICOMÉTRICO				
Cidades	Zoneamento	Conforto térmico aceitável	Meses mais confortáveis no ano	Principais estratégias recomendadas
Curitiba, PR	Zona 1	20% ao ano	Janeiro, Fevereiro e Março	Frio: Aquecimento solar da edificação; paredes internas pesadas; aquecimento artificial; permitir a insolação nos ambientes internos em 73,2% do tempo, de abril a outubro. Quente: Ventilação aliada a alta inércia térmica p/ resfriamento e resfriamento evaporativo para 6,84% do tempo, de novembro a março. Sombreamento: 23,2%
São Leopoldo, RS.	Zona 2	22,7% ao ano	Novembro, Dezembro e Janeiro	Frio: Aquecimento solar da edificação; paredes internas pesadas; aquecimento artificial; permitir a insolação nos ambientes internos em 51,6% do tempo, de abril a novembro. Quente: Ventilação aliada a alta inércia térmica p/ resfriamento e resfriamento evaporativo para 25,7% do tempo, de dezembro a março. Sombreamento: 45,3%
Canoas, RS.	Zona 2	22,7% ao ano	Novembro, Dezembro e Janeiro	Frio: Aquecimento solar da edificação; paredes internas pesadas; aquecimento artificial; permitir a insolação nos ambientes internos em 51,6% do tempo, de abril a novembro. Quente: Ventilação aliada a alta inércia térmica p/ resfriamento e resfriamento evaporativo para 25,7% do tempo, de dezembro a março. Sombreamento: 45,3%
Belo Horizonte, MG.	Zona 3	52,9% ao ano	Abril, Setembro, Outubro e Novembro	Período Frio: Massa térmica (inércia térmica) junto ao aquecimento solar passivo em 20% do tempo ao longo do ano. Período Quente: Ventilação aliada a resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento em 25% do tempo de dezembro a março. Sombreamento: 74,8%
São Paulo, SP.	Zona 3	26% ao ano	Abril, Outubro e Novembro	Frio: Aquecimento solar da edificação; paredes internas pesadas; permitir a insolação nos ambientes internos em 59,4% do tempo do ano. Quente: Ventilação aliada a alta inércia térmica e resfriamento evaporativo para 14,5% do tempo, de dezembro a março. Sombreamento: 36,6%
Florianópolis, SC.	Zona 3	21% ao ano	Novembro a Dezembro	Frio: Aquecimento solar da edificação; paredes internas pesadas; permitir a insolação nos ambientes internos em 40,8% do tempo, de abril a novembro. Quente: Ventilação aliada a alta inércia térmica p/ resfriamento e resfriamento evaporativo para 38,2% do tempo, de janeiro a abril. Sombreamento: 56,7%
Brasília, DF.	Zona 4	50% ao ano	Outubro a Novembro	Período Frio: Aquecimento solar passivo para 17% do tempo de março a setembro. Período Quente: Ventilação cruzada seletiva em 33% do tempo de dezembro a março. Sombreamento: 0%

Continua...

Continuação do Quadro 5

Goiânia, Go.	Zona 6	66% ao ano	Maio a Outubro	<p>Frio: Paredes internas mais espessas em 24% do tempo de maio a agosto.</p> <p>Quente: Ventilação aliada a resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento em 32% do tempo, de setembro a maio.</p> <p>Sombreamento: -</p>
Rio de Janeiro, RJ.	Zona 8	20,9% ao ano	Abril a Novembro	<p>Frio: Massa térmica (inércia térmica) junto ao aquecimento solar passivo em 14,9% do tempo, de junho a setembro.</p> <p>Quente: Ventilação aliada a alta inércia térmica; resfriamento artificial e resfriamento evaporativo para 64,2% do tempo, de outubro a maio.</p> <p>Sombreamento: 84,7%</p>
Referencia	<p>Normais (2017) Try (2017)</p>			

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Para essa análise, foram utilizados os dados baseados no ano de referência do teste meteorológico TRY (*Test Reference do Year*), que pode ser obtido no site do Departamento de Energia dos EUA e no laboratório de eficiência energética da Universidade Federal de Santa Catarina.

METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a metodologia adotada para a realização da pesquisa e obtenção dos resultados. Trata-se de uma pesquisa qualitativa com caráter exploratório-descritivo porque busca entender e caracterizar o objeto de estudo, desta pesquisa, as fachadas duplas. Portanto, será feita a descrição do objeto e local de estudo seguida dos procedimentos que foram utilizados para o levantamento de dados e alcance dos resultados. A Figura 11, mostra o desdobramento dessa metodologia e as principais etapas da pesquisa para alcance dos objetivos propostos.



Figura 11 – Etapas da metodologia da pesquisa
Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

1 ETAPA: Pesquisa bibliográfica - Para atender aos (O.E.1) e (O.E.2) foi realizada a coleta de dados, baseada em revisão de literatura com o objetivo de reunir informações sobre o tema estudado e assim ter uma compreensão melhor sobre fachadas duplas. Essa etapa é apresentada com maior detalhe no Capítulo

2, onde uma revisão sobre o sistema de fachadas duplas é destacado. As diferentes classificações do projeto das fachadas e a utilização de outros materiais para o projeto da segunda pele da fachada dupla, foram procedidas dessa revisão. Além disso, as características climáticas de cada cidade onde foram encontradas as fachadas duplas são destacadas.

2 ETAPA: Estudos de casos – Para atender o (O.E.3) e o (O.E.4) foi realizado um mapeamento no território brasileiro, buscando edificações que apresentassem características pertinentes ao sistema de fachadas duplas. Essa etapa procurou também identificar outros materiais que estão sendo usados para o projeto da segunda pele da fachada dupla. Esse foi realizado com o apoio de pesquisa eletrônica, a partir da qual também foi feita uma análise documental dos projetos que foram encontrados na internet. Além disso, foram realizadas entrevistas semiestruturadas, direcionadas aos arquitetos que desenvolveram o projeto da fachada, visando obter mais informações do projeto da fachada dupla.

3 ETAPA: Visita Técnica – Para enriquecer o trabalho e reforçar o objetivo (O.E.4), foram realizadas visitas técnicas em 2 edifícios, visando obter mais informações sobre detalhamento técnico e funcionamento do sistema. No ato dessas visitas, foram aplicados alguns questionários mediante a uma série de perguntas que permitiram verificar a percepção dos usuários em relação aos aspectos ambientais e físicos desse sistema. Para a elaboração do mesmo, seguiu-se as orientações de Voordt e Wegen (2013), onde os autores direcionam como formular um questionário com perguntas que não induzam nas respostas dos respondentes.

4 ETAPA: Síntese - Por fim, foi realizado a sistematização dos dados coletados na literatura e os estudos de casos, através de quadros informando a caracterização das fachadas duplas encontradas no Brasil, como: tipologias; localização: número de pavimentos da edificação; largura da cavidade; forma de abertura da pele externa; tipo de dispositivo de sombreamento usado no interior da cavidade; e materiais utilizados. Os quadros foram elaborados de acordo com alguns parâmetros que Barbosa e Ip (2014), Blanco et al., (2016), Zhang et al, (2016) e Paech (2016), por exemplo, citam para o projeto e a caracterização do sistema de fachadas duplas. Com isso, a pesquisa mostra que embora a maioria dos estudos dedicados às fachadas duplas tem focado no uso do vidro como material para a segunda camada, outros materiais têm sido recentemente

considerados para o projeto da segunda pele. Essa avaliação teve por objetivo facilitar o entendimento das diferenças entre os tipos de fachadas duplas existentes no mercado brasileiro.

3.1 OBJETO E LOCAL DE ESTUDO

3.1.1 Objeto de estudo

O objeto deste estudo em âmbito geral são as fachadas duplas aplicadas em envoltórias de edifícios brasileiros. No entanto, este trabalho busca investigar uma definição atualizada do termo fachada dupla no Brasil, considerando outros materiais que estão sendo utilizados e empregados como alternativas ao vidro para a camada externa do edifício. Além disso, o estudo focou somente em edifícios que apresentavam uma segunda pele contínua que cobrisse a fachada como um todo, independente da sua permeabilidade. A Figura 12, mostra a definição usada (a) no objeto de estudo para esta pesquisa.

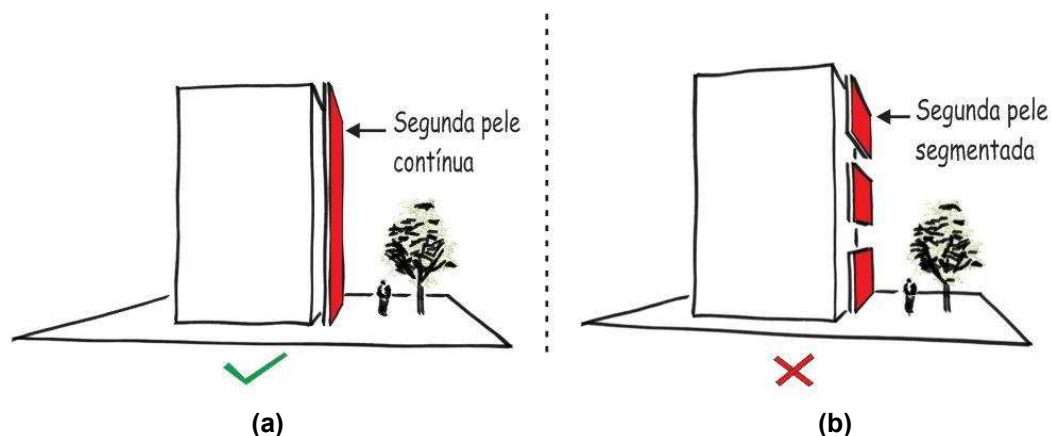


Figura 12 – Esquema da segunda pele que foi considerada para o estudo (a)
Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

3.1.2 Delimitação da área de estudo

Para fazer a caracterização das fachadas duplas brasileiras, tomou-se como local de estudo todo o território brasileiro, visto que a pesquisa busca entender esse conceito, caracterizando sua composição e outros materiais que estão sendo utilizados no clima brasileiro. Atualmente o Brasil é definido como uma república federativa presidencialista, formada pela união do Distrito Federal, e 26 estados, totalizando 5.570 municípios (IBGE, 2017). Contudo, no ato das buscas por edifícios com fachadas duplas, todos os estados foram considerados,

visando identificar casos implantados em toda a diversidade climática que o país apresenta.

De acordo com os dados do IBGE (2017) o Brasil é um dos maiores países do mundo. Em extensão territorial, só perde para a Rússia, Canadá, China e Estados Unidos. Situado no continente americano, fazendo fronteira com vários países da América do Sul e banhado a leste pelo Oceano Atlântico, conta com 8. 514, 876 km² e uma população de aproximadamente 204 milhões de habitantes (IBGE, 2015).

3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A seguir, será apresentado detalhadamente o procedimento metodológico desta pesquisa, explicando os principais métodos utilizados para a coleta de dados.

3.2.1 Estudos de casos

Nesta pesquisa, edifícios brasileiros que apresentavam uma segunda pele (fachada dupla), transmitindo a ideia exposta no item 3.1.1 foram investigados, buscando relatar os seguintes aspectos: suas tecnologias; materiais aplicados na segunda camada da fachada; os parâmetros técnicos da construção da fachada dupla; as características do edifício como um todo e sua localização no clima brasileiro.

Para a realização destes estudos de casos, a pesquisa teve como foco estratégico o levantamento dos seguintes pontos:

- ✓ Caracterização da composição da fachada dupla;
- ✓ A identificação dos materiais que estão sendo utilizados como segunda pele para o projeto da fachada dupla no Brasil, além do vidro;
- ✓ A percepção dos usuários em relação às condições ambientais nos edifícios brasileiros com fachada dupla.

3.2.2 Determinação do número de casos

Segundo Yin (2015) os estudos de casos podem ser únicos ou múltiplos, sendo que o uso de múltiplos casos propicia evidências inseridas em diferentes contextos, concorrendo para a elaboração de uma pesquisa de melhor qualidade.

Este estudo se enquadra como um estudo de casos múltiplos, por ter alcançado 26 casos. Como procedimento, contou-se com o apoio da pesquisa eletrônica, onde foram citadas palavras-chaves mais aderentes ao tema pesquisado. Estas foram utilizadas como entrada no banco de dados de projetos dos sites *ArchDaily* Brasil e *Arcoweb*. As principais expressões utilizadas para essa busca foram: “Fachadas Duplas”; “Fachadas com dupla pele”; “Fachadas para o clima tropical”; “Envelopes de edifícios”; “Segunda pele de edifícios”.

Além dessa busca na plataforma online da *ArchDaily* e *Arcoweb*, a busca em Bases de Dados bibliográficos também foi aderida para a pesquisa. Nela foram utilizadas as mesmas expressões nas plataformas *online* da *Elsevier* e *Science Direct Books*: “*Double skin*” (Gratia, De Herde, 2007), “*Double skin facades*” (Alberto et al., 2017), “*Building envelope*” (Ghaffarianhoseini, et al., 2016), “*Facades with second skin*”, “*Double façades for the tropical climate*” (Barbosa, Ip; Southall, 2015).

Com essa busca e a delimitação da tipologia arquitetônica foi possível encontrar os 26 edifícios com uma variedade de fachadas duplas em diferentes cidades brasileiras, sendo elas: Goiânia, GO; Brasília, DF; Belo Horizonte, MG; São Paulo, SP; Rio de Janeiro, RJ; Curitiba, PR; Florianópolis, SC; São Leopoldo, RS e Canoas, RS. A Figura 13 mostra um mapa onde foram encontradas as fachadas duplas, sendo que a região Sudeste concentra a maior parte delas, com 12 edifícios.

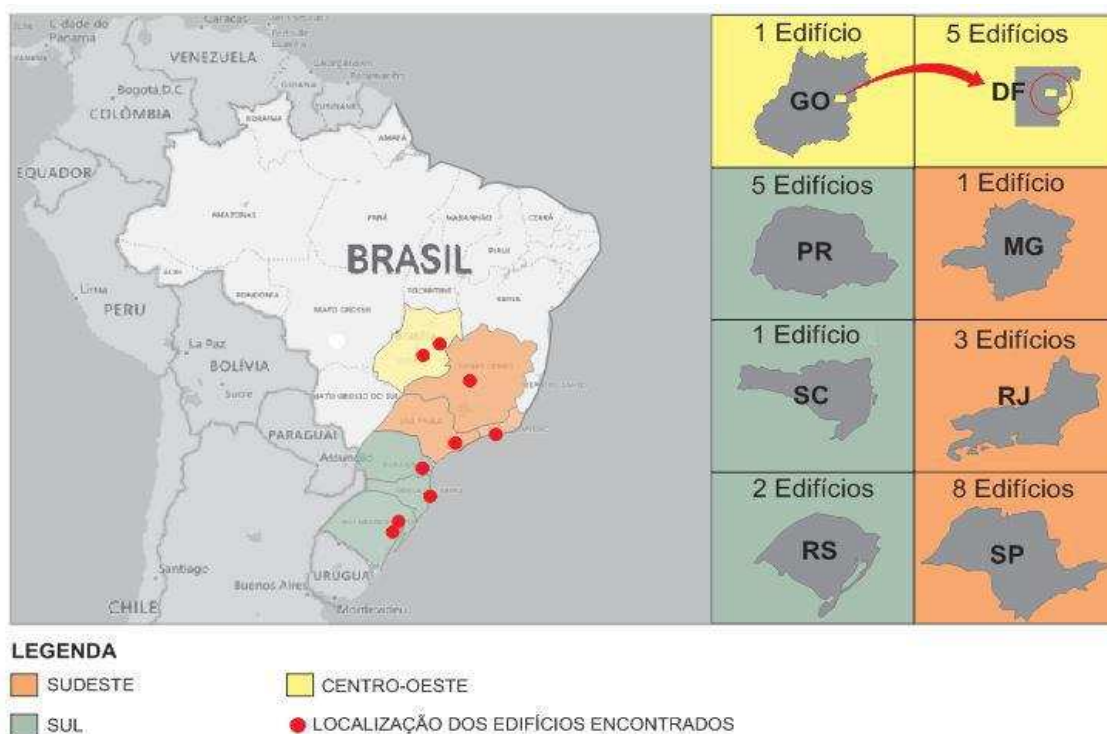


Figura 13 – Localização dos edifícios encontrados com fachadas duplas
 Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Com esse levantamento, foi possível caracterizar principalmente as configurações e materiais que estão sendo empregados no clima brasileiro, de forma a poder contribuir com a cultura construtiva do país interferindo positivamente na melhoria do sistema construtivo que utiliza fachadas duplas.

3.2.2.1 Visita técnica

Após encontrar os casos foram realizadas visitas técnicas em 2 edifícios, um com fachada dupla em vidro e outro com fachada dupla em chapa metálica. Ambos os casos estão localizados no Sul do Brasil, os dois na cidade de Curitiba, Paraná. As visitas ocorreram no segundo semestre de 2017, no mês de julho.

Nessas visitas técnicas foram observados detalhamentos técnicos e o funcionamento do sistema. Os equipamentos utilizados para coletar as informações foram: uma prancheta para anotações, trena para tirar algumas medidas e uma câmera fotográfica para registrar alguns detalhes da fachada.

No ato das visitas, questionários foram aplicados aos ocupantes que tinham contato com a fachada dupla para verificar sua percepção quanto aos aspectos ambientais e físicos. Foram distribuídos 100 questionários, no entanto apenas 20 foram respondidos. O desenvolvimento do mesmo será explicado no item a seguir.

3.2.2.2 Elaboração do Questionário e Entrevista

Para a elaboração do questionário, seguiram-se as orientações de Voordt e Wegen (2013). Seguindo as orientações dos autores, o questionário foi dividido em três módulos:

Primeiro módulo - Objetivo da pesquisa: Apresentação do principal objetivo da pesquisa, assim como a solicitação e a autorização dos respondentes para a coleta dos dados através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Segundo módulo - Aspectos gerais do espaço: Os respondentes foram questionados sobre o aspecto geral do espaço, buscando identificar a relação do usuário com o local de trabalho. Os dados profissionais requeridos foram: cargo na empresa, turno que passa trabalhando e a localização no ambiente que o respondente senta para trabalhar (perto da fachada; no meio da sala; longe da fachada).

Terceiro módulo - Objeto de estudo: Foram elaboradas 10 questões de múltipla escolha, avaliando a satisfação do usuário com o ambiente que trabalham. Algumas questões estão direcionadas à fachada dupla, fazendo com que os respondentes passem a perceber o problema, caso exista. A Figura 14 apresenta como exemplo, a questão 8, que avaliou a percepção do respondente em relação a fachada dupla.

8 - Como você considera a temperatura no ambiente de trabalho durante o inverno:

	1	2	3	4	5	
Péssimo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

Figura 14 - Questão 8 do questionário aplicado.
Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Além dos dados coletados com os questionários, foram realizadas entrevistas com profissionais que desenvolveram os projetos dos edifícios com fachadas duplas. Para tanto, as entrevistas desta pesquisa foram realizadas por meio eletrônico com o apoio da plataforma do *Google Drive*, para obter informações sobre detalhamentos técnicos e funcionamento do sistema. A intenção era

entrevistar todos os arquitetos dos edifícios encontrados, porém, só 2 entrevistas foram retornadas.

A entrevista foi estruturada com 13 questões, englobando perguntas relacionadas desde a fase inicial do projeto até o a finalização da obra. Essas entrevistas foram enviadas no mês de julho de 2017, e foi estipulado um período de dois meses para o recebimento das respostas, então em setembro de 2017 esse período foi encerrado, e os dados coletados foram utilizados para análise.

Tanto o roteiro da entrevista que foi realizada com os profissionais, como o roteiro do questionário que foi aplicado nos ocupantes dos edifícios com fachada dupla, podem ser consultados no Apêndice B e C no final desta dissertação.

3.2.2.3 Avaliação e análise dos dados

Segundo Cavalcante Lima, et al. (2012) o estudo de caso é válido quando possui procedimentos de coleta de dados variados. Portanto, no processo de análise e interpretação podem-se envolver diferentes modelos de análise (de conteúdo, descritiva, inferencial, de discurso, documental, etc.). Nesta pesquisa, a pesquisa eletrônica, questionário, entrevista e a visita técnica foram os instrumentos de apoio ao estudo de caso.

Com os estudos de casos realizados nos edifícios encontrados no território brasileiro, somado à análise documental, foi possível ampliar o conhecimento sobre o sistema de fachadas duplas e identificar como o mesmo está sendo inserido no clima brasileiro.

Os dados referentes as condicionantes do local de cada cidade que foi encontrado os edifícios com fachada dupla foram adquiridos com o *software Bio Analysis*, e o arquivo TRY (*Test Reference year*) que foi desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina no Brasil. Já as análises dos ventos foram realizadas com o apoio de um *plug-in Wind Rose*, instalado no *Microsoft Excel*, que ajudou identificar os ventos dominantes de cada cidade. Além disso, os Planos Diretores de cada cidade foram analisados para verificar o adensamento local que os edifícios estudados estão inseridos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados desta pesquisa. Com o propósito de caracterizar esse tipo de fachada no clima brasileiro, buscou-se, avaliar suas configurações, os materiais que estão sendo utilizados como segunda pele dessas fachadas e suas condições ambientais conforme condicionantes locais que foram projetadas, utilizando o método de avaliação proposto, apresentado no capítulo anterior.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS FACHADAS DUPLAS

Os estudos de casos foram realizados para identificar novas configurações e materiais que vem sendo aplicados como segunda pele em edifícios brasileiros. As avaliações foram feitas por observação direta, utilizando a pesquisa eletrônica primeiramente para encontrar os edifícios e em seguida observar os mesmos para coleta de dados qualitativos. Os 26 casos encontrados estão localizados em diferentes regiões do Brasil, conforme foi mostrado no capítulo anterior.

O Quadro 6 expõe todos esses edifícios e todas as informações que foram encontradas. Nesse quadro os edifícios estudados são nomeados como “Caso 1 ao Caso 26”, para facilitar a referência no momento de redigir as próximas análises dos resultados. As informações desse quadro estão divididas por materiais e 5 grandes variáveis que abordam as principais características de cada edifício. Além das características físicas dos edifícios, a variável “Análise Psicométrica” foi realizada com a intenção de identificar as principais estratégias recomendadas que esses edifícios deveriam adotar, conforme suas zonas bioclimáticas.

Na sequência do Quadro 6, segue a análise dos edifícios de acordo com cada material encontrado. Esses resultados foram discutidos dentro de três tópicos, onde cada um abordava as seguintes informações:

- a) Características gerais dos edifícios: Finalidade do edifício; Número de pavimentos; Vidro da pele interna e Aberturas das janelas internas.
- b) Configurações e Materiais da Fachada Dupla: Geometria da cavidade; Largura da cavidade; Abertura da pele externa; Material; Cor e Permeabilidade.
- c) Características do entorno: Orientação da fachada dupla; Ventos dominantes e Adensamento local.

As informações desses quadros foram adquiridas com a pesquisa eletrônica, entrevistas e visita de campo.

QUADRO 6 EM ANEXO

4.2 FACHADA DUPLA DE VIDRO

Dentro do conceito de fachada dupla, visto no Capítulo 2, o vidro é um dos principais materiais utilizados na segunda pele dessas fachadas. No Brasil, seis edifícios com esse material foram encontrados, concentrando-se nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país.

Quadro 7 – Edifícios encontrados no Brasil com fachada dupla de vidro

VIDRO	
 <p>CASO 1 Ed. Cidade Nova</p> <ul style="list-style-type: none">• Rio de Janeiro, RJ• 2008	 <p>CASO 2 Tribunal Regional do Trabalho</p> <ul style="list-style-type: none">• Goiânia, GO• 2012
 <p>CASO 3 Corporativo Jardim Botânico</p> <ul style="list-style-type: none">• Curitiba, PR• 2013	 <p>CASO 4 Espaço Santa Helena</p> <ul style="list-style-type: none">• São Paulo, SP• 2008
 <p>CASO 5 Ag Premium Nova Faria Lima</p> <ul style="list-style-type: none">• São Paulo, SP• 2015	 <p>CASO 6 Sede da Triunfo</p> <ul style="list-style-type: none">• Curitiba, PR• 2013

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

a) Características gerais dos edifícios

Conforme foi mostrado no Capítulo 2, algumas características da edificação podem levar a um melhor aproveitamento das condições ambientais da fachada dupla. Devido a isso, esse item apresenta alguns dados técnicos dos edifícios que foram encontrados, com o intuito de aprofundar nas discussões desse trabalho. Ao final desse item, o Quadro 8 apresenta um resumo das características dos edifícios encontrados com a fachada dupla de vidro.

Caso 1: Com a finalidade de abrigar a Universidade da Petrobrás, o Edifício Cidade Nova, implantou materiais e tecnologias sustentáveis, como a escolha eficiente de revestimentos e cores claras das fachadas, cujo objetivo era impedir o aquecimento do prédio. Já o material utilizado em suas janelas internas foi o Vidro *Low-e*⁷, com baixa refletividade. Com 8 pavimentos, o edifício recebeu

⁷ *LOW-e* é a abreviação do termo *low emissivity*, expressão em inglês que traduzida para o português significa “baixa emissividade”.

certificação pelo *US Greenbuilding Council* como o primeiro *LEED Core & Shell* da América Latina e o segundo fora dos EUA.

Caso 2: Com uma volumetria marcada por suas fachadas duplas, o Tribunal Regional do Trabalho em Goiânia - GO, é um edifício corporativo distribuído em 8 pavimentos. Toda sua superfície interna recebeu vidros transparentes, onde em alguns ambientes as janelas são fixas e outras móveis.

Caso 3: Os 7 pavimentos do Edifício Corporativo Jardim Botânico foram edificados em concreto armado, como o apoio de pilares revestidos em granito. É um projeto contemporâneo e sustentável onde a pele interna do edifício, apresenta grandes planos envidraçados transparentes. Para contribuir com a proteção da radiação solar, os ambientes receberam cortinas internas e automatizadas.

Caso 4: A loja de utensílios de cozinha Espaço Santa Helena está localizada em São Paulo. Quando à existência de aberturas na superfície da pele interna, não foram encontradas informações. Porém, o vidro utilizado para ambas as superfícies da fachada, foram vidros serigrafados preto nos arremates laterais e laminados com películas que trazem um desenho floral na área central da fachada.

Caso 5: Esse Edifício comercial abriga uma sede bancária do Itaú na cidade de São Paulo. Está distribuído em 3 pavimentos e os principais materiais dessa obra são o aço, alumínio, concreto e o vidro. A sua pele interna é composta por vidros laminados incolores de 12 milímetros com PVB incolor, e utilizou um sistema *stick structural glazing*⁸, indo do térreo à cobertura do edifício.

Caso 6: A sede da Triunfo em Curitiba-PR, tem como finalidade corporativa e está distribuída em dois andares. O edifício apresenta cores claras em sua estrutura e o material utilizado para a fachada interna são vidros transparentes. Essa pele interna dá a possibilidade de o usuário abrir as janelas com janelas de correr. O Quadro 8 a seguir mostra um resumo dos dados técnicos dos casos dos edifícios encontrados com fachada dupla de vidro.

⁸ Caracterizado pela colagem de vidros em caixilhos de alumínio, o sistema requer cuidados de projeto e instalação para bom desempenho e segurança *Structural glazing*.

Quadro 8 – Características da edificação (vidro)

DADOS TÉCNICOS DOS CASOS				
Estudo de Caso	Finalidade do edifício	Número de pavimentos	Vidro da pele interna	Abertura das janelas internas
Caso 1	Universidade/Corporativo	Térreo + 8 pav.	Vidro Low-e, com baixa refletividade	Fixos e móveis
Caso 2	Corporativo	Térreo + 8 pav. + cobertura	Vidro incolor	Fixos e móveis
Caso 3	Corporativo	Térreo + 7 pav. + cobertura	Vidro incolor	Basculante pequena no topo das janelas
Caso 4	Comercial	Subsolo + térreo + 1 pav.+ cobertura	I.N.E	I.N.E
Caso 5	Comercial	Térreo + 2 pav.	Vidro incolor	I.N.E
Caso 6	Corporativo	Térreo + 2 pav.	Vidro incolor	Janelas de correr

Legenda

I.N.E = Informação não encontrada

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

De acordo com os dados do quadro acima, nota-se que grande maioria dos edifícios estudados com fachada dupla de vidro no Brasil são de uso corporativo e estão distribuídos em 2 a 8 pavimentos. Geralmente são edifícios com uma volumetria mais vertical com traços contemporâneos e comprometidos com a sustentabilidade.

Em relação as aberturas das janelas internas, alguns casos mostram a possibilidade do controle do usuário para abertura dessas janelas, e a grande maioria apresenta 90% de superfície envidraçada com vidro incolor, o que pode ser uma desvantagem, pois, como foi visto no Capítulo 2, não se recomenda que a área envidraçada oposta a fachada dupla, seja maior que 90%, pois isso pode gerar grande ganho de calor solar na sala do usuário, aumentando o desconforto térmico.

Entretanto, conforme foi apresentado no Quadro 3 do Capítulo 2, uma economia significativa de energia pode ser alcançada quando existe a possibilidade de abrir as janelas internas para ventilação natural dos ambientes, pois isso pode minimizar a necessidade do uso de fontes de condicionamento artificiais. A Figura 15 representa esses resultados em uma forma mais esquemática. Essa representação é apenas das características do edifício, sem a presença da fachada dupla.



Figura 15 – Resultado das características dos edifícios com fachada dupla de vidro
 Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

b) Configurações e Materiais da Fachada Dupla

No item 2.3.4 do Capítulo 2, foi apresentada a classificação de fachadas duplas, onde são expostos o tipo de ventilação; a geometria da cavidade e o modo do percurso do fluxo do ar na cavidade. Portanto, a seguir uma análise dos estudos de caso, observa essas variáveis nas fachadas duplas com vidro, além de outros parâmetros como: largura da cavidade, material usado, cor e a permeabilidade desse material. Ao final desse item, o Quadro 9, resume os principais achados de cada caso, evidenciando as configurações e materiais mais frequentes entre eles.

Caso 1: A configuração da fachada em múltiplos pavimentos do Edifício Cidade Nova, apresenta extensas áreas envidraçadas, tanto interna quanto externamente, para que o usuário possa interagir com o exterior. As duas peles de vidros estão dispostas a 0,80 m uma da outra, e ambos os vidros possuem baixa refletividade. A fachada externa apresenta aberturas no topo e na base da fachada e nesse caso sua ventilação funciona como uma cortina de ar exterior, onde o ar introduzido na cavidade vem do exterior e é imediatamente exaurido para fora do espaço. Apesar desse sistema, o edifício utiliza equipamentos para climatização natural.

Caso 2: A fachada dupla do Tribunal Regional do Trabalho em Goiânia - GO, foram executadas com vidros duplos laminados, que tem como principal função a proteção contra insolação excessiva da região de Goiânia. A permeabilidade do sol é bloqueada em partes com a ajuda da sua coloração cinza e pela

serigrafia vermelha que atua como um brise. Além da climatização artificial do edifício, a fachada ventila como uma cortina de ar exterior, por ter aberturas na base e topo da cavidade da fachada dupla. A sua geometria encaixa-se como corredor por apresentar uma superfície dividida a cada pavimento. Grelhas metálicas de manutenção foram posicionadas entre esses pavimentos, segmentando a fachada em corredores independentes verticalmente, podendo servir para acesso na limpeza e manutenção das fachadas. A medida da cavidade dessa fachada é de 0,50 m, e sua superfície é composta por painéis de vidro, afastados à 0,05 m cada painel. Toda essa estrutura é sustentada por garras metálicas e presilhas de aço escovado.

Caso 3: Nesse caso, a segunda pele da fachada do Edifício Corporativo Jardim Botânico apresenta uma geometria de múltiplos pavimentos fixada por *spider*⁹, onde estão alocadas a 1,20 m de distância da fachada interior. Cada painel que compõe essa fachada mede 2,40 m de largura, variando de 1,10 m a 1,15 m nas alturas. Quanto ao material dos vidros, foram utilizados vidros duplos temperados com serigrafia branca. Essa escolha possibilita uma fachada unitizada, com maior visibilidade e aproveitamento da iluminação natural. Além disso, todo o edifício é climatizado artificialmente.

Caso 4: Apesar de ser modulada por pequenos painéis que formam uma superfície contínua, a configuração da fachada desse edifício está mais próxima da geometria de múltiplos pavimentos. Com um afastamento de 0,60 m, a fachada é sustentada por colunas também de vidro e apresenta placas estruturadas por aranhas de quatro pernas. Seu material são os vidros serigrafados preto nos arremates laterais e laminados com películas que trazem o desenho de rosas na área central.

Caso 5: Esse edifício localizado em São Paulo, buscou leveza, transparência e linhas orgânicas na fachada dupla. Essa fachada tem um afastamento que varia conforme o ângulo de cada placa vertical, ficando de 0,50 m a 1,20 m da fachada interior. Elas são constituídas por placas verticais de vidros laminados curvos e serigrafados, de 18 mm, ancorados em estrutura formada por tubos metálicos redondos curvos. Para aferir um movimento à fachada em formato de pétalas, foram criadas inclinações diferentes e estão desalinhadas horizontalmente.

⁹ Sistema para envidraçamento exterior, permitindo a fixação de vidros à estrutura por intermédio de ferragens especiais articuladas.

Caso 6: A fachada desse edifício aproxima-se da geometria de múltiplos pavimentos. Seu afastamento da pele interna é de 0,25 m, e seu material é composto por vidro temperado branco com serigrafia na cor branca. A ventilação da fachada ocorre através das aberturas da base e topo da fachada e entre as juntas de 0,05 m entre cada painel que compõe a fachada. Esses painéis medem cerca de 2,00 m por 1,12 m e não possui janelas para abertura. O Quadro 9 mostra um resumo das características da pele externa de cada caso dos edifícios encontrados com fachada dupla de vidro.

Quadro 9 – Características da pele externa de vidro

CARACTERÍSTICAS - VIDRO							
Estudos de Casos	Configuração				Material		
	Geometria da cavidade	Tipo de ventilação	Largura da cavidade	Aberturas da pele externa	Material	Cor	Permeabilidade
Caso 1	Múltiplos pavimentos	Artificial	0,60 m	Sem aberturas	Vidro Low-e, com baixa refletividade 8mm	Verde	Transparente
Caso 2	Corredor	Artificial	0,50 m	Espaçamento de 0,05 cm entre cada placa de vidro	Vidro duplo laminado	Fume	Serigrafia vermelha
Caso 3	Múltiplos pavimentos	Artificial	1,20 m	Sem aberturas	Vidro temperado	Branco	Serigrafia branca
Caso 4	Múltiplos pavimentos	I.N.E	0,60 m	Sem aberturas	Vidro Laminado	Branco	Serigrafia preta e laminados com películas
Caso 5	Múltiplos pavimentos	Natural e artificial	0,50 a 1,20 m	Com espaçamento entre cada placa de vidro	Vidro laminado	Branco	Serigrafia branca
Caso 6	Múltiplos pavimentos	Natural e artificial	0,25 m	Com espaçamento entre cada placa de vidro	Vidro temperado	Branco	Serigrafia branca

Legenda

I.N.E = Informação não encontrada

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Com base nos dados acima, percebe-se que a configuração mais utilizada nas fachadas duplas de vidro apresentadas neste estudo, são semelhantes a geometria de múltiplos pavimentos por apresentarem uma superfície contínua sem divisões horizontais a cada pavimento. A configuração geralmente é moldada por painéis com espaçamento entre eles de até 0,05 m, fixados em

estrutura metálica e o apoiado em *spider*. Os vidros mais utilizados são os laminados, temperados e os serigrafados na cor branca.

Quanto a cavidade, as medidas mais frequentes variam de 0,25 m a 1,20 m, porém, as de 0,50 m a 1,20 m, são as mais utilizadas. Em nenhum caso foi implantado algum tipo de dispositivo de sombreamento interno ou janelas para aberturas na superfície externa. Entretanto, como solução para filtrar a radiação solar, todos os edifícios exceto o Caso 1 que utilizou o vidro *Low-e*, utilizaram a serigrafia na pele externa, na maioria das vezes na cor branca.

A ventilação artificial é comumente utilizada nesses edifícios, com a intenção de alcançar as condições adequadas de conforto interno para os ocupantes. Porém, o Caso 5 e 6, optaram por uma ventilação mista, natural e artificial. Conforme foi citado no Capítulo 2 uma das vantagens em utilizar a ventilação natural, é que essa estratégia passiva pode contribuir na redução do consumo de energia e melhorar as condições de conforto dos ocupantes.

Na visita de campo desse estudo, os ocupantes de dois casos estudados, responderam algumas questões relacionadas as condicionantes ambientais que a fachada pode oferecer. Algumas dessas questões categorizavam sobre a qualidade do ar e a possibilidade de abertura das janelas internas. A maioria afirmou que consegue controlar essas aberturas e que a ventilação natural contribui para o conforto interno.

Outras perguntas estavam relacionadas a qualidade acústica e visibilidade interna que essas fachadas permitem. Os respondentes afirmaram que esse sistema não está ajudando a reduzir os ruídos externos e que a visão externa não fica prejudicada. Porém, alguns usuários relataram que sentem desconforto com esse elemento nas janelas.

A seguir, a Figura 16 representa os principais achados da análise feita sobre as características da fachada dupla de vidro. Essa imagem concentra as características que mais apareceram nos casos estudados.

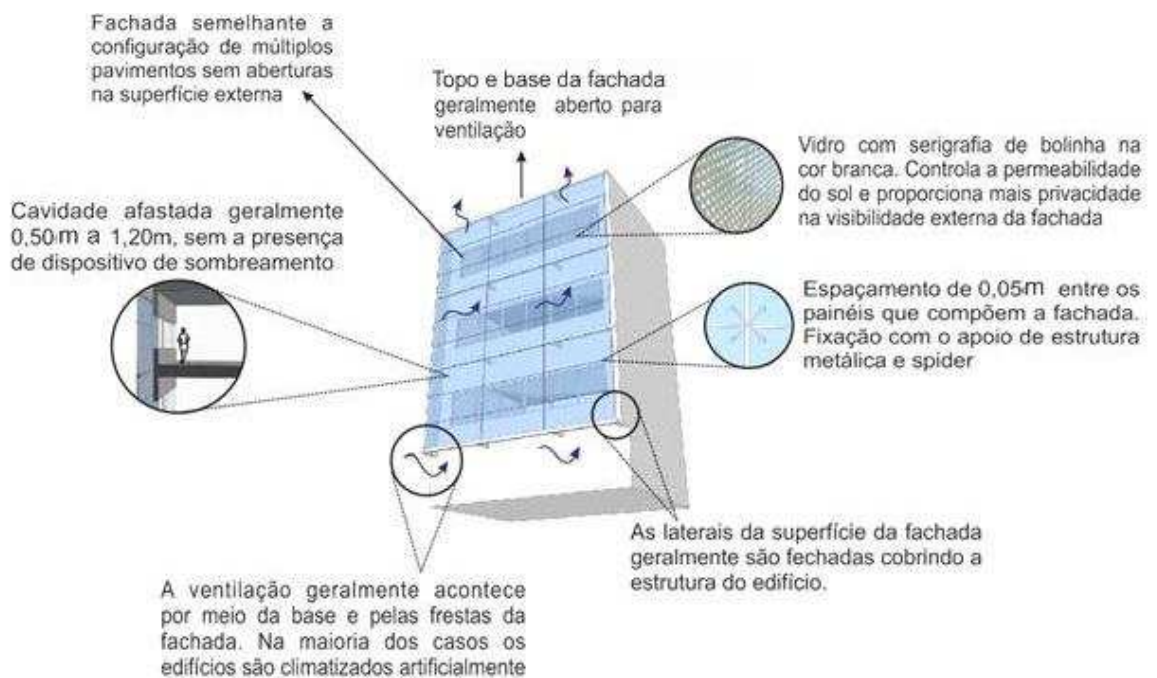


Figura 16 – Resultado das características em edifícios com fachada dupla de vidro
 Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

c) Características do entorno

Segundo Frota e Schiffer (2007) a massa das edificações do entorno nas cidades podem modificar o curso natural dos ventos, prejudicando a ventilação natural no interior dos edifícios. Além disso, a quantidade de radiação solar recebida pelas diversas edificações inseridas em uma cidade pode variar com relação as posições das edificações vizinhas, as quais podem constituir barreiras umas às outras ao sol e ao vento. Diante disso, a análise a seguir investiga a orientação das fachadas, os ventos dominantes em relação a implantação do edifício com fachada dupla e o adensamento da vizinhança local de cada caso estudado. E ao final desse item, um quadro resume os principais achados de cada caso.

Caso 1: Edifício Cidade Nova no Rio de Janeiro - RJ, encontra-se em uma área central com poucos edifícios altos. A geometria do seu entorno baseia-se em áreas bem arborizadas, com habitações residenciais, comercial e institucional. Por estar localizado em um quarteirão no centro da cidade, determinaram-se seis fachadas externas voltadas para todas as orientações Norte, Oeste, Sul e Leste. Além disso, nota-se que o paisagismo urbano do prédio buscou por maior incidência dos ventos dominantes.

Caso 2: No Tribunal Regional do Trabalho em Goiânia - GO, residências unifamiliares predominam o entorno, aparecendo poucos edifícios altos em seu redor. Pelo fato da quadra estar inserida em uma região predominantemente

residencial o caráter simbólico e institucional do complexo, levaram a uma implantação em blocos conectados por uma praça ordenadora do conjunto, permitindo a ventilação cruzada entre eles. A fachada dupla encontra-se em todas as orientações Norte, Oeste, Sul e Leste.

Caso 3: O entorno, onde fica o Edifício Corporativo Jardim Botânico de Curitiba, e a configuração do terreno guiaram a implantação do edifício, composto por três blocos, com núcleos de acesso separados. Inserido em um local de uso misto, a altura aceitável das edificações nesse local varia de 2 a 6 pavimentos. Porém, a fachada Norte a qual passa a Av. Presidente Affonso Camargo, apresenta outro zoneamento, permitindo uma altura livre de pavimentos resultando em um adensamento maior de edifícios verticais.

Caso 4: Esse caso, segundo o Plano Diretor de São Paulo está localizado em uma região que permite que a altura das edificações seja acima de 10 m. Sendo assim, o entorno da Loja Espaço Santa Helena apresenta um adensamento alto com muitas verticalizações de edifícios vizinhos. Suas principais fachadas estão direcionadas ao Oeste, Sul e Leste.

Caso 5: A região que esse edifício está inserido permite o uso misto de edificações, por isso segundo o Plano Diretor de São Paulo essa região também permite que a altura das edificações seja acima de 10 m, mas deve-se ponderar que futuramente edifícios altos poderão obstruir a radiação recebida. Apesar dessa permissão, essa edificação tem poucas barreiras em seu entorno, permitindo uma boa ventilação e insolação. Suas principais fachadas estão direcionadas ao Norte, Leste e Sul.

Caso 6: Localizado em uma zona do Eixo Metropolitano da Linha Verde de Curitiba, segundo o Plano Diretor da cidade, esse local é de uso Especial Desportiva e Zona de Serviço, permitindo uma altura aceitável das edificações de 2 a 4 pavimentos. O edifício foi inserido em um terreno amplo onde não existem edificações altas vizinhas, o que permite boa circulação do ar e bom aproveitamento da radiação solar recebida. As principais fachadas que adotaram o sistema de fachada dupla são Noroeste, Sudeste e Sudoeste. O Quadro 10 mostra um resumo das variáveis do entorno de cada caso encontrado com fachada dupla de vidro, e em seguida segue a análise desses dados.

Quadro 10 – Variáveis do entorno (vidro)

CARACTERÍSTICAS DO ENTORNO			
Estudos de Casos	Orientação da fachada	Ventos dominantes	Adensamento local
Caso 1	Norte, Oeste, Sul e Leste	És-sudeste e Sul	Adensamento vizinho baixo, com poucos edifícios altos ao redor
Caso 2	Norte, Oeste, Sul e Leste	Nordeste	Adensamento vizinho baixo, com poucos edifícios altos ao redor
Caso 3	Oeste e Leste	Leste e Sudeste	Adensamento vizinho baixo. A fachada Norte apresenta maior verticalização de edifícios
Caso 4	Nordeste e Sudeste	Sul e Sudeste	Adensamento vizinho alto em todas as fachadas
Caso 5	Norte, Leste e Sul	Sul e Sudeste	Adensamento vizinho baixo em todas as fachadas menos a Oeste
Caso 6	Noroeste	Leste e Sudeste	Adensamento vizinho baixo em todas as fachadas

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

De acordo com os dados do quadro acima, observa-se que os edifícios encontrados com fachada dupla de vidro, em sua grande maioria apresentam mais de uma superfície com fachada dupla, resultando em mais de uma orientação. Entre elas, Norte, Oeste, Sul e Leste são as mais frequente, porém, como foi visto na revisão de literatura a orientação Norte parece ser a mais efetiva para edifícios brasileiros com fachadas duplas porque elas recebem mais radiação solar durante o dia e assim, o ar dentro da cavidade é aquecido tornando-se menos denso o que tende a ascender ao topo da fachada, através do efeito chaminé. Além dessas, as orientações Noroeste, Nordeste e Sudeste também aparecem nesses casos.

Quanto à ventilação, nota-se que os ventos dominantes variam de Nordeste à Sul nas cidades em que os edifícios foram inseridos. Relacionando esse fator com o resultado anterior, é possível identificar se a fachada está direcionada para uma ventilação favorável. Pois como foi relatado no item 2.3.3 do Capítulo 2 na revisão de literatura, a direção do vento tem um grande impacto na quantidade e direção do fluxo de ar através da cavidade e das outras aberturas do edifício quando o vento dominante está em direção sotavento (direção oposta) da fachada dupla. Com base nisso, percebe-se que os Casos 1, 3, 4, 5 e 6 tem ao menos uma de suas fachadas duplas em direção perpendicular aos ventos dominantes do local. Já o Caso 2 foge desse conceito, pois sua orientação está

em direção paralela ao vento dominante local, perdendo a intensidade do fluxo de ar dentro da cavidade.

No questionário aplicado na visita de campo, no Caso 3 e 6, uma questão relevante sobre a temperatura interna dos edifícios foi questionada. Os ocupantes deveriam responder em uma escala de péssimo a excelente, sobre as condições internas que essas fachadas oferecem no verão e no inverno. A maioria considera as condições boas, tanto para o inverno como no verão, o que de fato mostra que as condicionantes locais podem contribuir para o melhor funcionamento dessas fachadas.

A maioria dos casos com fachada dupla de vidro, estão inseridos em recintos urbanos com adensamento vertical baixo. Geralmente o edifício encontra-se com um bom afastamento entre eles o que permite uma boa ventilação, evita ilhas de calor e o sombreamento criado por edifícios, exceto o Caso 4, pois ele situa-se em um local onde concentram-se muitos edifícios e a grande maioria são altos. A seguir, a Figura 17 resume os principais achados da análise feita no entorno dos edifícios com fachada dupla de vidro. Essa imagem concentra as características que mais apareceram nos casos estudados.

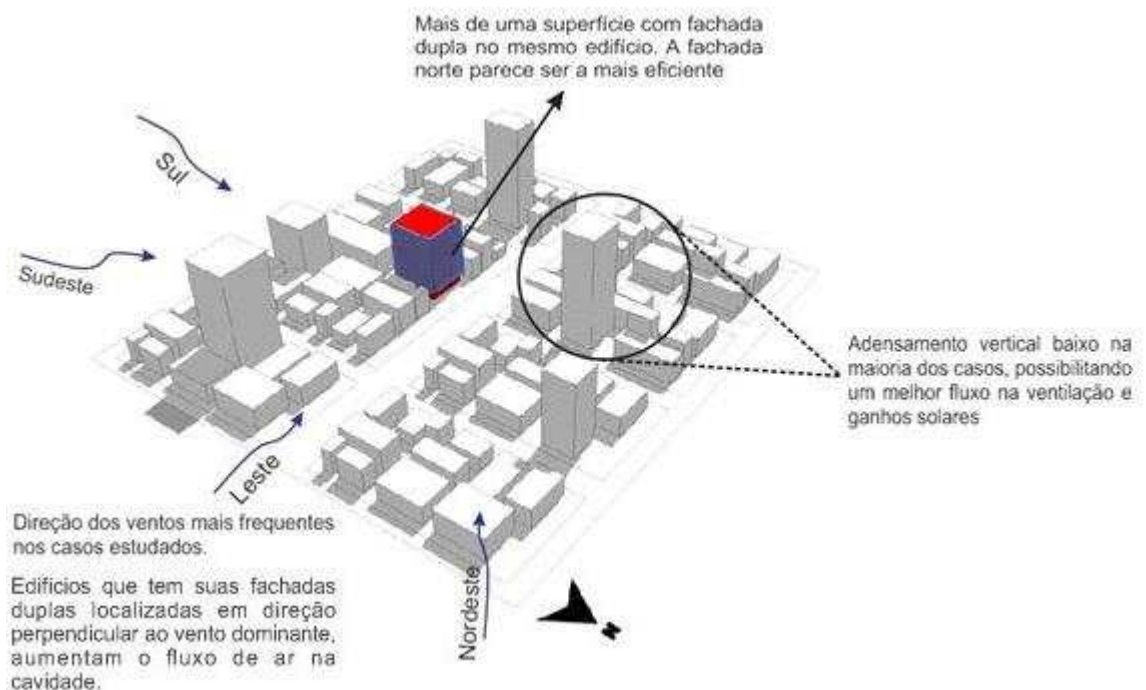


Figura 17 – Frequência dos resultados da análise de entorno em edifícios com fachada dupla de vidro

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

4.3 FACHADA DUPLA DE CHAPA METÁLICA

Outro material que tem sido utilizado como segunda pele em edifícios é a chapa metálica. O Quadro 11, mostra dez exemplos de edifícios que empregaram esse material como fachada dupla e, como pode ser visto os casos encontrados, estão localizados no Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país.

Quadro 11 – Edifícios encontrados no Brasil com fachada dupla de chapa metálica

CHAPA METÁLICA	
 <p>CASO 7 Biblioteca Brasileira</p> <ul style="list-style-type: none">• São Paulo, SP• 2013	 <p>CASO 8 Campus Igara</p> <ul style="list-style-type: none">• Canoas, RS• 2014
 <p>CASO 9 Edifício Gaia</p> <ul style="list-style-type: none">• São Paulo, SP• 2014	 <p>CASO 10 Sede da Triunfo</p> <ul style="list-style-type: none">• Curitiba, PR• 2013
 <p>CASO 11 Empresa de Softwares</p> <ul style="list-style-type: none">• São Leopoldo, RS• 2009	 <p>CASO 12 Sede do SEBRAE</p> <ul style="list-style-type: none">• Brasília, DF• 2010
 <p>CASO 13 Escola Vera Cruz</p> <ul style="list-style-type: none">• São Paulo, SP• 2014	 <p>CASO 14 Edifício Anibal</p> <ul style="list-style-type: none">• Rio de Janeiro, RJ• 2015
 <p>CASO 15 Museu da Unicamp</p> <ul style="list-style-type: none">• São Paulo, SP• 2009	 <p>CASO 16 Confederação Nacional dos Municípios</p> <ul style="list-style-type: none">• Brasília, DF• 2016

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

a) Características gerais dos edifícios

Nesse item são apresentados os dados técnicos dos edifícios que foram encontrados com fachada dupla de chapa metálica, dando sequência aos casos anteriores. Ao final desse item, o Quadro 12 apresenta um resumo das características dos edifícios encontrados com esse material.

Caso 7: A Biblioteca Brasileira da USP de São Paulo está distribuída em térreo mais 2 pavimentos. As paredes do edifício são de concreto maciço e aparente, que dão estabilidade térmica e os vidros têm filtro ultravioleta que protegem os

livros da radiação solar direta e um forro que permite passar apenas 10% de entrada de luz.

Caso 8: O futuro complexo esportivo da Universidade Federal de Ciências de Saúde (UFCSPA) vai ser construído em um terreno cedido pela prefeitura no bairro Igara, localizado em Canoas-RS. Além da praça para atividades esportivas, o complexo disponibiliza dois edifícios distribuídos em térreo mais 5 pavimentos para atividades exclusivas da academia. Toda a estrutura desse espaço será em sistema construtivo misto de aço e concreto. Já as áreas envidraçadas da superfície interna, irão receber vidros laminados incolor/prata com baixa reflexão solar de 4 mm. Essas esquadrias serão de alumínio tipo *glazing* com aberturas *maxim-ar* e acabamento anodizado natural.

Caso 9: Com 11 andares, essa torre comercial é constituída em sua maior parte de estrutura metálica e fechamentos em sistema *light steel frame*¹⁰. Suas esquadrias internas permitem que usuário maneje a abertura conforme suas necessidades. O material utilizado para esses vidros foi o temperado, com tonalidade incolor e espessura de 8 mm.

Caso 10: Com caráter corporativo, a Construtora Triunfo SA, em Curitiba, PR, foi distribuída em Subsolo, térreo e mais 3 pavimentos. Suas áreas envidraçadas foram revestidas com vidros incolor, as quais disponibiliza portas de correr permitindo ao usuário maior controle de abertura.

Caso 11: Esse caso buscou respeitar a escala da arquitetura do Campus da Unisinos, onde o prédio da Empresa de *softwares* de gerenciamento que está distribuído em térreo mais 2 pavimentos, assume um caráter horizontal com traços bem lineares e soluções ecológicas. A fachada da superfície interna tem janelas *maxim-ar* e é uma mescla de concreto e vidro cinza para garantir o controle da passagem de luz e calor adequados.

Caso 12: Com estruturas aparentes, esse edifício de 2 térreos mais 2 pavimentos evidência a plasticidade do aço e concreto. Em suas linhas gerais o edifício adotou a cor natural dos materiais utilizados como o branco da estrutura metálica. As suas aberturas internas que dão acesso a essa fachada dupla,

¹⁰ Sistema construtivo estruturado em perfis de aço galvanizado formado a frio, projetados para suportar às cargas da edificação e trabalhar em conjunto com outros sub-sistemas industrializados, de forma a garantir os requisitos de funcionamento da edificação.

foram trabalhadas com caixilho metálico para dar suporte aos painéis de correr com vidro temperado incolor de 10 mm.

Caso 13: Os materiais predominantes utilizados nessa obra foram, concreto, madeira e o vidro. O edifício da escola Vera Cruz em São Paulo, passou por *retrofit*¹¹ para renovar os ambientes da escola. Além dos laboratórios de informática, nenhum ambiente existe ar-condicionado. O projeto do edifício priorizou por ventilação cruzada, sombreamento das fachadas críticas, Norte e Oeste, vegetação para equalizar a umidade do ar e grandes planos de janelas. Essas janelas são de material incolor e tem aberturas em *maxim-ar*.

Caso 14: Esse edifício é de caráter corporativo por abrigar as sedes de três empresas distribuídas em térreo, 3 pavimentos e um terraço em planta livre. O térreo e a cobertura são ambientes compartilhados por todos os usuários. Com uma estrutura simples, os materiais escolhidos privilegiam a facilidade de manutenção. Além disso, o pano de vidro instalado do piso ao teto para as portas de correr, atrás da primeira fachada, tem fácil limpeza.

Caso 15: O novo Museu de Ciência utilizará materiais predominantemente reflexivos (aço, alumínio e vidro). Distribuído por um térreo e um pavimento superior, o envidraçamento interno do edifício adotou portas de correr em ferro e vidro translúcido com bandeira em caixilhos basculantes, garantindo condições adequadas de conforto no interior do edifício além da flexibilidade de controle no inverno e verão.

Caso 16: A Sede da Confederação Nacional dos Municípios (CNM), em Brasília-DF, é um edifício corporativo que abrange tanto escritórios quanto espaços para eventos. Esse empreendimento foi distribuído em térreo, 2 pavimentos e um terraço, onde o concreto e o aço são os materiais predominantes em sua composição. As quatro superfícies internas receberam áreas envidraças, onde foram utilizados caixilhos móveis em algumas áreas com vidro laminado e temperado incolor. A seguir, o Quadro 12 mostra um resumo dos dados técnicos dos casos dos edifícios encontrados com fachada dupla de chapa metálica.

¹¹ Termo utilizado para designar o processo de modernização de algum equipamento já considerado ultrapassado ou fora de norma.

Quadro 12 – Características da edificação (chapa metálica)

DADOS TÉCNICOS DOS CASOS				
Estudos de Casos	Finalidade do edifício	Número de pavimentos	Vidro da pele interna	Abertura e posição das janelas internas
Caso 7	Universidade	Térreo + 2 pav.	Vidro incolor com filtro ultravioleta	Plano envidraçado fixo e sem abertura para área externa
Caso 8	Universidade	Térreo + 5 pav.	Vidro laminados incolor/prata com baixa reflexão solar de 4 mm	Esquadrias de alumínio tipo <i>glazing</i> com aberturas <i>maxim-ar</i> com acabamento anodizado natural
Caso 9	Comercial	11 pav.	Vidro incolor temperado de 8 mm	Janelas de correr
Caso 10	Corporativo	Térreo + 3 pav.	Vidro incolor temperado	Portas de correr
Caso 11	Corporativo	Subs. + Térreo + 2 pav.	Vidro cinza	Aberturas <i>maxim-ar</i>
Caso 12	Corporativo	Térreo inferior, térreo superior + 2 pav.	Vidro temperado incolor 10 mm	Caixilho metálico com painéis de correr
Caso 13	Escola	Térreo + 3 pav.	Vidro incolor	Aberturas <i>maxim-ar</i>
Caso 14	Corporativo	Térreo + 3 pav. + terraço	Vidro incolor	Portas de correr
Caso 15	Institucional	Térreo + 1 pav.	Vidro translucido incolor	Portas de correr em ferro e vidro translucido com bandeira em caixilhos basculantes
Caso 16	Corporativo	Térreo + 2 pav. + terraço	Vidro laminado e temperado incolor de 10 mm	Caixilhos móveis em algumas aberturas

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Com base nos dados apresentados no quadro acima, observa-se que a maior parte dos edifícios que foram encontrados usando a chapa metálica como fachada dupla no Brasil, são de uso corporativo e estão distribuídos até 11 pavimentos. Porém, o de 2 pavimentos é o número mais frequente entre eles, e comumente esses edifícios apresentam uma volumetria muito contemporânea com forma plana e horizontal.

Quanto as aberturas das janelas da superfície interna desses edifícios, todos os casos (exceto o Caso 7) mostram a possibilidade do controle do usuário para aberturas das janelas e a grande maioria apresenta que mais de 90% dessas superfícies são envidraçadas. Como citado, o Caso 7 não apresenta aberturas ou janelas para a cavidade da fachada dupla, a superfície envidraçada desse edifício é um plano fixo e isolado do exterior.

O uso de portas de correr é predominante nesses edifícios, seguido do uso de janelas em *maxim-ar*. As características dessas esquadrias geralmente são formadas por caixilhos de metal e vidros temperado incolor, com espessuras que

variam de 4 a 10 mm. Além disso, os vidros de alguns casos receberam um tratamento diferenciado, como pode ser visto no Caso 7, onde os vidros ganharam um filtro ultravioleta. O Caso 8 adotou vidros laminados incolor/prata com baixa reflexão e no Caso 15 os vidros são translúcidos. A Figura 18 representa esses resultados em uma forma mais esquemática.

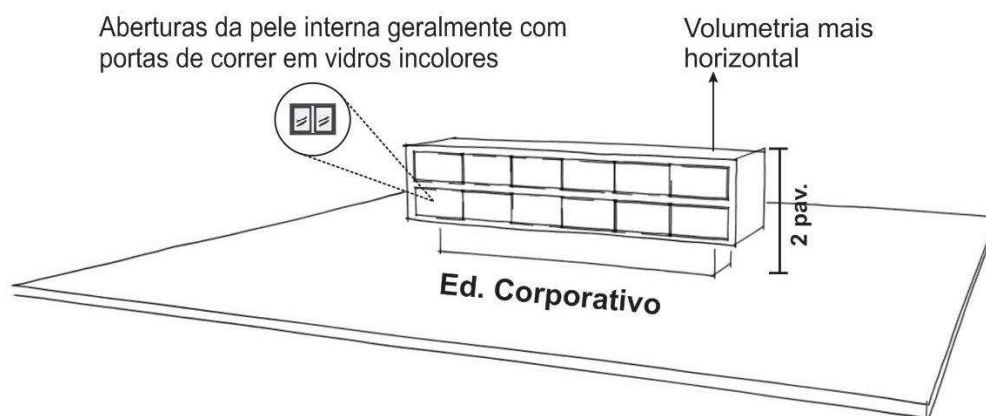


Figura 18 – Resultado das características dos edifícios com fachada dupla de chapa metálica
Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

b) Configurações e Materiais da Fachada Dupla

Como sequência seguem as características da pele externa dos edifícios que foram encontrados com fachada dupla de chapa metálica e como resultado o Quadro 13 apresenta um resumo dessas características.

Caso 7: A configuração da fachada externa desse edifício pode ser definida como múltiplos pavimentos. Essa fachada não pode ser aberta e está afasta da fachada interna 0,80 m, e recebe ventilação natural em sua cavidade pela base, topo e frestas das juntas da fachada. Porém, as áreas internas do acervo da biblioteca receberam sistema de ar-condicionado para controlar a umidade e preservar as obras. Quanto ao material utilizado para essa fachada foram usadas chapas metálicas perfuradas na cor cinza e sua superfície foi composta por painéis retangulares dispostos um ao lado do outro.

Caso 8: Com uma superfície externa em chapa metálica perfurada na cor branca, a configuração da fachada desse edifício pode ser considerada como múltiplos pavimentos. A largura entre as duas fachadas é de aproximadamente 1,00 m, permitindo uma ventilação entre as duas superfícies.

Caso 9: A fachada externa desse edifício é formada por estruturas de perfis tubulares de alumínio com o fechamento em chapas metálicas. As chapas são pré-pintadas em azul, verde e cinza e têm uma perfuração de 3,2 mm com área

aberta de 36%. Seu comprimento é de 2,20 m a 2,80 m, por 0,20 m de altura e 0,02 m de profundidade. Essa fachada externa avança 0,90 m do corpo do edifício, formando em cada pavimento uma passarela em balanço entre as duas fachadas, servindo de apoio para manutenção das fachadas. Sua geometria se encaixa como uma fachada corredor pois é segmentada a cada pavimento.

Caso 10: Esse caso é totalmente revestido por uma pele articulável, composta por chapas de aço galvanizadas perfuradas na cor cinza, que ajudam a controlar a incidência solar sem perder a transparência e a ventilação cruzada para o conforto dos usuários que desempenham as tarefas diárias na edificação. Essa fachada está afastada a 0,45 m e encaixa-se como a fachada corredor devido ela ser segmentada a cada pavimento. A sua superfície é composta por grandes painéis verticais que possibilitam o manuseio para mudança de ângulos conforme necessário.

Caso 11: Em sua superfície externa foram utilizadas telas de estrutura metálica perfurada na cor branca, que ajudam a barrar parte da luz incidente, impedindo, assim, o calor excessivo. Quanto à geometria da fachada, encaixa-se como uma fachada corredor, e o espaço na cavidade varia de 1,00 m a 1,20 m. As folhas verticais da fachada são fixas não disponibilizando aberturas ou mudança de ângulo.

Caso 12: Separada por pavimentos, a fachada externa do Sebrae em Brasília configura-se como do tipo corredor. Afastada a 1,50 m da pele interna, essas folhas verticais de chapas metálica de aço carbono de 1,2 mm, compõem uma barra horizontal que protegem as fachadas internas. Essa chapa é perfurada e dobrada na cor cinza e permite a variação das aberturas com a inclinação de diferentes ângulos.

Caso 13: Essa fachada encaixa-se como fachada de múltiplos pavimentos. A distância entre as duas peles aproxima-se a 1,00 m, conforme análise dos projetos, e esses painéis são constituídos por chapas 100% fechadas sem permeabilidade visual, permitindo a variação de ângulos entre eles. A cor da fachada segue um gradiente de cores nos tons de laranja e cinza.

Caso 14: A fachada do Edifício Aníbal apresenta uma geometria de múltiplos pavimentos e no interior de sua cavidade de aproximadamente 0,30 m, existem jardineiras que separam os três pavimentos do conjunto. Essa fachada é feita

com painéis metálicos verticais e perfurados na cor branca e lembram cobogós¹² de alumínio dispostos na diagonal. Esses painéis formam quadrados de 0,15 x 0,15 m, com profundidade de 0,15 m.

Caso 15: A fachada do Museu de Ciências será projetada em chapas metálicas na cor branca, com perfurações seguindo dimensões industrializadas e variando seu desenho de abertura de acordo com os usos internos, sendo mais densa ou difusa de acordo com a luminosidade necessária para as atividades. O afastamento entre a pele interna será de 2,50 m e permite a ventilação natural do edifício. Essas chapas serão fixadas sobre estrutura metálica e não terão disponibilidade de aberturas. Sua configuração encaixa-se como uma fachada de múltiplos pavimentos.

Caso 16: Esse caso encaixa-se como fachada múltiplos pavimentos. Afastada a 0,62 m de distância da pele interna, as régua de aluzinco em tom branco desse edifício permite que a ventilação natural permeie toda sua superfície por conta do material utilizado. Além da ventilação natural, o edifício utiliza climatização artificial. O Quadro 13 mostra um resumo das características da pele externa de cada caso dos edifícios encontrados com fachada dupla de chapa metálica.

Quadro 13 – Características da pele externa de chapa metálica

CARACTERÍSTICAS - CHAPA METÁLICA							
Estudos de Casos	Configuração				Material		
	Geometria da cavidade	Tipo de ventilação	Largura da cavidade	Aberturas da pele externa	Material	Cor	Permeabilidade
Caso 7	Múltiplos pavimentos	Natural e artificial	0,80 m	Aberturas no topo, base e frestas das juntas da superfície da fachada	Chapa metálica	Cinza	Chapa perfurada
Caso 8	Múltiplos pavimentos	Natural e artificial	* 1,00 m	Aberturas no topo, base e frestas das juntas da superfície da fachada	Chapa de alumínio	Branco	Chapa perfurada com 30% de perfuração

Continua...

¹² Tijolo perfurado ou elemento vazado, feito de cimento utilizado na construção de paredes ou fachadas perfuradas, com a função de quebra-sol ou para separar o interior do exterior, sem prejuízo da luz natural e da ventilação

Continuação Quadro 13

Caso 9	Corredor	Natural e artificial	0,90 m	Aberturas no topo, base e frestas das juntas da superfície da fachada	Chapa metálica	Chapas Pré-pintadas em azul, verde e cinza	Chapa perfurada, 36% o grau de perfuração
Caso 10	Corredor	Natural e artificial	0,45 m	Aberturas no topo, base e frestas das juntas da superfície da fachada com possibilidade de abertura das placas que compõe a superfície da fachada	Chapas de aço galvanizadas	Cinza	Chapa perfurada
Caso 11	Corredor	Natural e artificial	* 1,00 a 1,20 m	Aberturas no topo, base e frestas das juntas da superfície da fachada	Chapa metálica	Branco	Chapa perfurada
Caso 12	Corredor	Natural e artificial	1,50 m	Aberturas no topo, base e frestas das juntas da superfície da fachada com possibilidade de abertura das placas que compõe a superfície da fachada	Chapa de aço carbono de 1,2 mm	Cinza	Chapa perfurada e dobrada
Caso 13	Múltiplos pavimentos	Natural e artificial	* 1,00 m	Aberturas no topo, base e frestas das juntas da superfície da fachada com possibilidade de abertura das placas que compõe a superfície da fachada	Chapa metálica	Tons de laranja e cinza	Chapa 100% fechada com variação de ângulos
Caso 14	Múltiplos pavimentos	Natural e artificial	* 0,30 m	Aberturas no topo, base e frestas das juntas da superfície da fachada	Chapa metálica	Branco	Chapa perfurada
Caso 15	Múltiplos pavimentos	Natural e artificial	2,50 m	Aberturas no topo, base e frestas das juntas da superfície da fachada	Chapa de alumínio	Branco	Módulos de chapa perfurada conforme desenho

Continua...

Continuação Quadro 13

Caso 16	Múltiplos pavimentos	Natural e artificial	0,625 m	Aberturas no topo, base e frestas das juntas da superfície da fachada	Chapas de aluzinco	Branco	Perfis de Aluzinco
---------	----------------------	----------------------	---------	---	--------------------	--------	--------------------

Legenda

* = Largura estimada conforme escala gráfica

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

De acordo com os dados do quadro acima, percebe-se que a configuração mais utilizada em fachadas duplas de chapa metálica é a geometria de múltiplos pavimentos. As medidas dessas cavidades variam de 0,30 m a 2,50 m, porém, as de 1,00 m, parecem ser mais utilizadas. Em nenhum caso foi implantado no interior dessas cavidades algum tipo de dispositivo de sombreamento, exceto o Caso 14 que utilizou jardineiras para ajudar a controlar as condições ambientais do local. Essas jardineiras filtram a passagem da radiação solar e o ar recebido na fachada dupla, ajudando a melhorar o bioclima interno do edifício, diminuindo a temperatura e melhorando as condições do ar.

As composições da superfície dessas fachadas geralmente são formadas por painéis de chapas metálica perfurada na cor branca, fixados em uma estrutura metálica e encostados um ao lado do outro, onde juntos formam uma única pele e não podem ser abertas. Os únicos casos que permitem a abertura dessas fachadas são os Casos 10, 12 e 13 porque possuem uma superfície formada por painéis verticais que podem ser rotacionados de acordo com o ângulo desejado. Todos os casos encontrados apresentam um grau de perfuração nas chapas, o que permite a iluminação natural e ventilação entre as fachadas, porém o Caso 13 apresenta placas 100% impermeáveis ao vento e a passagem da radiação solar. Para a entrada de luz e ar no Caso 13, as placas são movimentadas ao ângulo desejado.

Todos os edifícios apresentam a integração com ventilação natural e a artificial, exceto o Caso 7 que não permite a abertura das janelas internas do edifício. Apesar desses edifícios apresentarem possibilidade de abertura das janelas internas que permitem a entrada de ventilação natural para os ambientes dos edifícios, o uso de ar-condicionado se faz presente em todos os casos. Isso foi confirmado com o questionário aplicado na visita técnica, onde a maioria afirmou que mesmo possuindo uma boa ventilação natural, o uso do ar-condicionado é frequente.

De acordo com o Quadro 3 apresentado no Capítulo 2, sobre as vantagens de empregar fachadas duplas, a redução de ruídos provenientes do exterior e a iluminação natural podem ser obtidas com essa segunda fachada. Na visita técnica, questões referentes a essas vantagens foram questionadas e os ocupantes afirmaram que além de não reduzir os ruídos eles não conseguem trabalhar sem a iluminação artificial. Porém, vale destacar que essas vantagens citadas no Quadro 3 foram referenciadas a fachadas duplas de vidro, o que pode fazer diferença já que as chapas metálicas apresentam um grau de perfuração.

Outra questão questionada aos ocupantes foi sobre a permeabilidade visual que essas fachadas permitem para o lado exterior. Apesar de não bloquear a visibilidade externa, a grande maioria dos ocupantes respondeu que não se sente confortável com essa fachada dupla. A Figura 19 resume os principais achados da análise feita sobre as características da fachada dupla de chapa metálica. Essa imagem concentra as características que mais apareceram nos casos estudados.

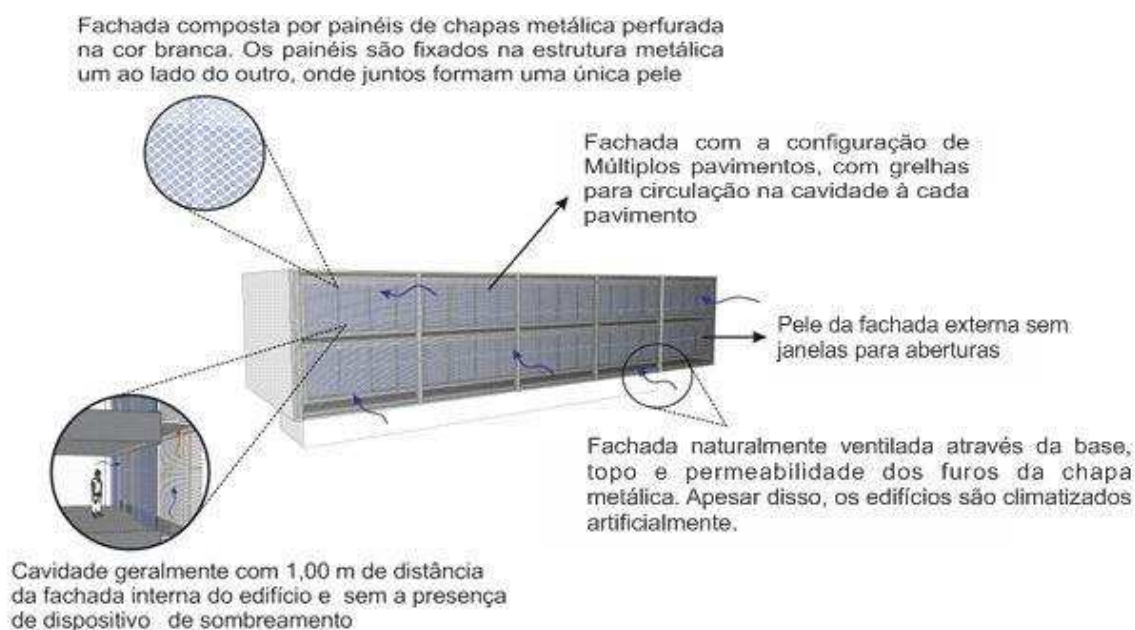


Figura 19 – Resultado das características em edifícios com fachada dupla de chapa metálica
 Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

c) Características do entorno

De acordo com os resultados obtidos nos Casos 7 ao 16, seguem as características do entorno de cada caso estudado, resultando no Quadro 14.

Caso 7: Implantada em uma Zona de Ocupação Especial destinada a abrigar atividades como aeroportos, centros de convenção, grandes áreas de lazer, recreação e esportes, o adensamento no entorno da biblioteca é

predominantemente baixo, livre do excesso de edificações vizinhas. As principais fachadas que foram implantadas o sistema de fachadas dupla são, Nordeste e Sudoeste, ficando paralelas aos ventos dominantes de Sul e Sudeste. A orientação Nordeste é melhor que a Sudoeste porque ela recebe mais radiação durante o dia. Quanto à ventilação, devido a orientação não estar perpendiculares as orientações das fachadas duplas o fluxo de ar dentro da cavidade é menor.

Caso 8: Esse caso será implantado em uma zona de baixo adensamento vertical, onde a maioria das construções ao redor são residências unifamiliares. O projeto proposto implantou as fachadas principais dos edifícios para Norte e Sul e receberá os ventos de Leste e És-sudeste. Essa ventilação também está paralela à direção das fachadas duplas, o que não é bom para o funcionamento da ventilação dentro da cavidade.

Caso 9: Esse edifício integra-se ao entorno com acesso aberto e lojas configurando no térreo uma praça. Segundo o Plano Diretor de São Paulo, está localizado em uma Zona de Centralidade que permite que a altura das edificações seja acima de 10 m. Sendo assim, em seu entorno existe um adensamento alto. Suas fachadas estão direcionadas de Norte a Sul.

Caso 10: Como faz parte do mesmo projeto que a Sede da Triunfo com fachada de vidro, possui as mesmas condicionantes locais que o Caso 6. Porém, esse edifício apresenta fachada dupla nas orientações Noroeste, Sudoeste e Sudeste. A fachada Noroeste é a única que está perpendicular ao vento, pois está a sotavento recendo ventos de Sudeste.

Caso 11: Situado em uma área destinada a um polo tecnológico no campus da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), na cidade de São Leopoldo, no Rio Grande Sul, esse edifício teve sua implantação no terreno no sentido Norte e Sul. Os ventos dominantes do local são Leste e És-sudeste, não ficando perpendicular as fachadas duplas.

Caso 12: Localizado em uma região central de Brasília, as principais fachadas duplas desse edifício foram direcionadas a Noroeste, Sudeste e Sudoeste com ventos dominantes partindo de Leste. Conforme a implantação do edifício, nota-se um adensamento vizinho baixo com nenhum edifício alto ao seu redor, sem prejudicar na ventilação e insolação do mesmo.

Caso 13: Implantado no bairro Vila Madalena, na zona oeste de São Paulo, as fachadas duplas desse edifício estão voltadas para Norte e Oeste, recebendo ventos dominantes de Sul e Sudeste. A fachada Norte é a melhor por receber maior radiação solar durante o dia e por estar perpendicular ao vento dominante. Quanto ao adensamento vertical vizinho, este é baseado em edificações de pequeno porte não prejudicando nas condicionantes naturais.

Caso 14: Localizado em uma área mista com construções comerciais e residenciais, o Edifício Aníbal encontra-se no bairro de Ipanema, uma das áreas mais densas e nobres do Rio de Janeiro. A fachada dupla desse edifício está voltada para Leste recebendo os ventos dominantes de É-s-sudeste e Sul. O local que o edifício está inserido tem um adensamento alto com muitas construções verticalizadas e poucos recuos para passagem de ventilação e insolação.

Caso 15: Esse projeto será inserido no contexto atual do Campus da UNICAMP e da Região Metropolitana de Campinas. Sua implantação no terreno acontece através de um volume horizontal no eixo Norte e Sul que se acomoda na topografia do terreno e receberá os ventos dominantes de Sul a Sudeste. Sua implantação no terreno está livre de barreiras verticais causadas pelo excesso de edifícios altos, além disso, possibilita áreas com vegetação de pequeno ou grande porte.

Caso 16: A Sede da Confederação Nacional de Municípios em Brasília-DF, está inserida em uma área com adensamento baixo o que favorece na ventilação e ganhos solares do edifício. Além dessas vantagens, os arquitetos adotaram espelhos d'água para ajudar a criar um microclima e evitar o clima seco da cidade de Brasília. Esse caso também possui fachadas voltadas para Norte e Sul e ventos dominantes à Leste. O Quadro 14 resume as variáveis do entorno de cada caso encontrado com fachada dupla de chapa metálica, e em seguida segue a análise desses dados.

Quadro 14 – Variáveis do entorno (chapa metálica)

CARACTERÍSTICAS DO ENTORNO			
Estudos de Casos	Orientação da fachada	Ventos dominantes	Adensamento local
Caso 7	Nordeste e Sudoeste	Sul e Sudeste	Adensamento vizinho baixo
Caso 8	Norte e Sul	Leste És-sudeste	Adensamento vizinho baixo
Caso 9	Norte, Sul, Leste e Oeste	Sul e Sudeste	Adensamento vizinho alto
Caso 10	Noroeste, Sudoeste e Sudeste	Leste e Sudeste	Adensamento vizinho baixo
Caso 11	Norte e Sul	Leste És-sudeste	Adensamento vizinho baixo
Caso 12	Noroeste, Sudeste e Sudoeste	Leste	Adensamento vizinho baixo
Caso 13	Norte e Oeste	Sul e Sudeste	Adensamento vizinho baixo
Caso 14	Leste	És-sudeste e Sul	Adensamento vizinho alto
Caso 15	Norte e Sul	Sul e Sudeste	Adensamento vizinho baixo
Caso 16	Norte e Sul	Leste	Adensamento vizinho baixo

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Com base nas informações do quadro acima, observa-se que os edifícios encontrados com fachada dupla de chapa metálica, em sua grande maioria apresentam mais de uma superfície com fachada dupla, resultando em mais de uma orientação. No entanto, as fachadas que são mais frequentes entre os casos que foram encontrados são, Norte e Sul, e a de menos frequência é voltada para Nordeste. Os Casos 9, 10, 13 e 15 tem ao menos uma de suas fachadas orientadas para Norte, onde estão recebendo mais radiação solar, e os mesmos recebem uma ventilação perpendicular a essa fachada tornando o efeito chaminé mais eficiente.

Em relação aos ventos dominantes, nota-se que a frequência é bem equilibrada entre os casos encontrados, variando de Leste a Sul e aparecendo com menor frequência na direção És-sudeste. Percebe-se que poucas fachadas estão perpendiculares aos ventos dominantes do local, a maioria estão com ventilação desfavorecidas o que acaba prejudicando o efeito chaminé da cavidade.

A grande maioria dos casos com fachada dupla de chapa metálica, estão inseridos em recintos urbanos com baixo adensamento. Comumente, esses edifícios encontram-se em terrenos amplos com um bom afastamento entre edifícios vizinhos ou obstáculos, exceto o Caso 9 e 14, já que estes situam-se em um local onde concentram-se muitos edifícios, sendo a grande maioria com mais de 10 m de altura.

Na sequência, segue a Figura 20 que resume os principais achados da análise feita no entorno dos edifícios com fachada dupla de chapa metálica. A imagem concentra as características que mais apareceram nos casos estudados.

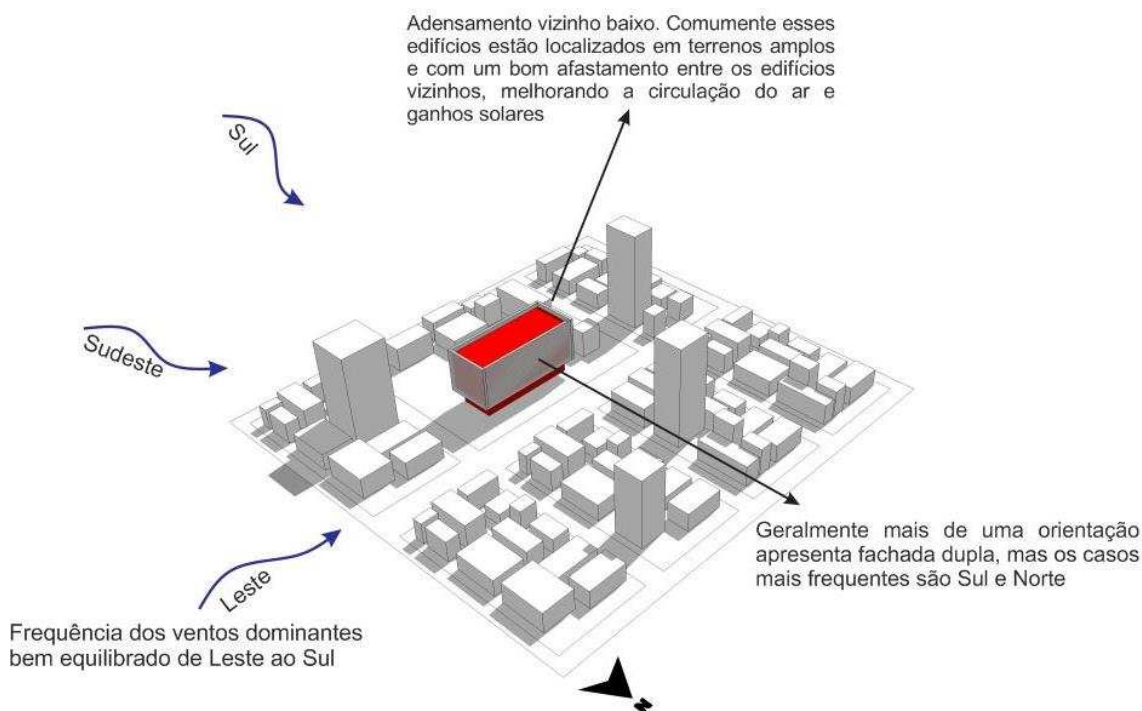


Figura 20 – Frequência dos resultados da análise de entorno em edifícios com fachada dupla de chapa metálica
 Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

4.4 FACHADA DUPLA DE CABO DE AÇO INOX

O Cabo de Aço Inox, material muito utilizado nas estruturas da construção civil, também têm ganhando espaço nas fachadas, como pode ser visto no Quadro 15. Três edifícios brasileiros nas regiões Sudeste e Centro-Oeste foram encontrados utilizando esse material na segunda pele da fachada dupla.

Quadro 15– Edifícios encontrados com fachada dupla de tela de cabo de aço

TELA COM CABO DE AÇO INOX	
 <p>CASO 17 Centro Paula de Souza • São Paulo, SP • 2013</p>	 <p>CASO 18 Sede do TJDFT • Brasília, DF • 2011</p>
 <p>CASO 19 SEBRAE, MG • Belo Horizonte, MG • 2016</p>	

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

a) Características gerais dos edifícios

Na sequência seguem as características de edifícios com fachada dupla de cabo de aço inox, resultando o Quadro 16 que apresenta um resumo dessas características.

Caso 17: A sede do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS) localizado na região central de São Paulo, concentra as atividades administrativas em 5 pavimentos e um museu no térreo sobre a arqueologia da área. Outros dois edifícios, ligados à escola, formam um conjunto que se articula em vários níveis sobre a praça. Esse edifício usou materiais como o concreto aparente, estrutura metálica e o vidro. Na pele interna do edifício os vidros laminados compõem grandes panos envidraçados, onde janelas de 1,25 m em forma de *maxim-ar* podem ser abertas a cada módulo.

Caso 18: A Sede do Tribunal de Justiça do Distrito Federal e dos Territórios (TJDFT), é um edifício com finalidade corporativa, esse edifício está distribuído em 4 pavimentos mais térreo. Todo o edifício foi combinado com cores claras, inclusive em suas vidraças onde os ambientes receberam janelas em *maxim-ar* com vidro incolor laminado de 10 mm.

Caso 19: O edifício que recebeu as instalações do Centro de Referência em Empreendedorismo do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Minas Gerais (SEBRAE/MG), está distribuído em um térreo mais 3 pavimentos. As esquadrias internas opostas a fachada dupla, são todas em caixilhos metálicos com folhas de correr e vidros incolores. O Quadro 16 mostra um resumo dos dados técnicos dos casos dos edifícios encontrados com fachada dupla de cabo de aço inox.

Quadro 16 – Características da edificação (cabo de aço inox)

DADOS TÉCNICOS DOS CASOS				
Estudos de Casos	Finalidade do edifício	Número de pavimentos	Vidro da pele interna	Abertura e posição das janelas internas
Caso 17	Centros educativos	Térreo + 5 pav	Vidro incolor laminado de 8 mm	Janelas <i>maxim-ar</i>
Caso 18	Corporativo	Térreo + 4 pav. + Solário	Vidro incolor laminado de 10 mm	Janelas <i>maxim-ar</i>
Caso 19	Corporativo	Térreo + 3 pav.	Esquadrias metálicas com Vidro incolor	Janelas de correr

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

De acordo com os dados que foram apresentados no quadro acima, a maior parte dos edifícios que foram encontrados com fachada dupla de cabo de aço inox no Brasil, são de uso corporativo e compõem de 3 a 5 pavimentos. A volumetria desses edifícios representa traços contemporâneos e prevalecem uma forma plana e horizontal, empregando materiais como o concreto aparente, estrutura metálica e o vidro.

Em relação às áreas envidraçadas desses edifícios, todas as janelas da superfície interna mostram a possibilidade para aberturas e dois casos aparecem como *maxim-ar* com vidros incolores de 8 a 10 mm de espessura. Além disso, esses casos também apresentam mais de 90% de superfícies envidraçadas. A Figura 21 a seguir representa esses resultados em uma forma mais esquemática.

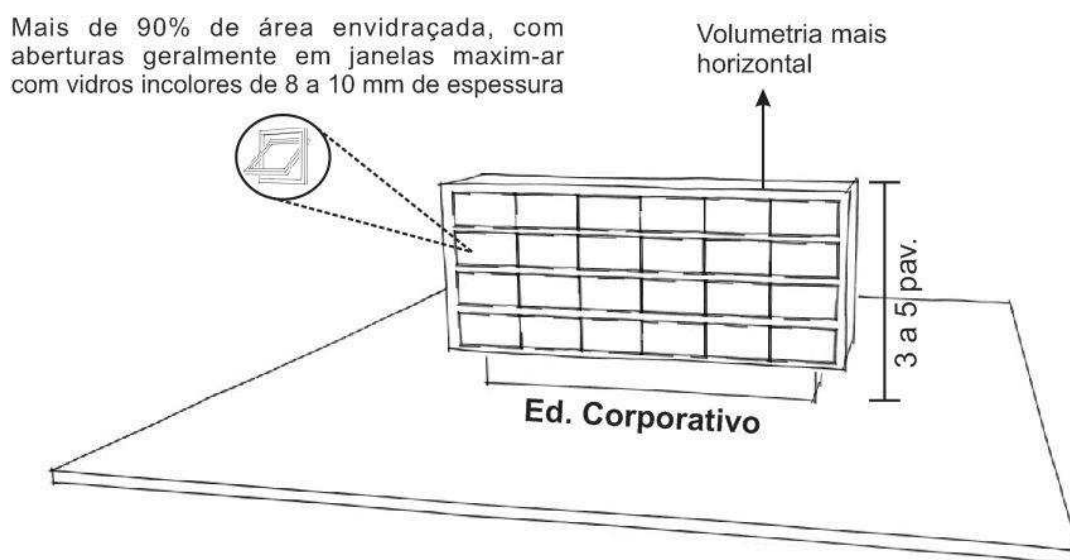


Figura 21 – Resultado das características dos edifícios com fachada dupla de cabo de aço inox
Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

b) Configurações e Materiais da Fachada Dupla

As características da pele externa dos edifícios que foram encontrados com fachada dupla de cabo de aço inox serão apresentadas nessa sequência, e como resultado o Quadro 17 expõe um resumo dessas características.

Caso 17: Composta por uma volumetria linear de 77,5 m de comprimento, a fachada desse edifício apresenta uma configuração de múltiplos pavimentos, com uma cavidade dividida por grelhas de manutenção das fachadas. Essa fachada externa está afastada a 1,05 m e é composta por uma cortina de cabo de aço inox. Apesar da ventilação natural ser permitida, os sistemas artificiais como o ar-condicionado ajudam a manter o controle térmico do edifício. Essa

fachada de tela de cabo de aço inox tem o papel de controlar a luminosidade e também desenhar o volume como um sólido.

Caso 18: Essa fachada é considerada uma geometria de múltiplos pavimentos, pois está afastada 0,80 m da pele interna com o apoio da estrutura metálica. Essa cortina de cabo de aço inox, em tom cinza, permite a passagem de ventilação natural entre suas frestas que compõem a malha da tela, apesar disso, o edifício necessita a utilização do ar-condicionado para alcançar a qualidade ambiental para seus ocupantes.

Caso 19: A fachada do Centro de Referência em Empreendedorismo do SEBRAE, em Belo Horizonte - MG, adotou como fachada dupla os cabos de aço inox. Essa fachada composta por cortina de cabos está afastada aproximadamente 1,20 m do corpo interno do edifício e se configura como fachada de múltiplos pavimentos. O Quadro 17 mostra um resumo das características da pele externa de cada caso dos edifícios encontrados com fachada dupla de cabo de aço inox.

Quadro 17 – Características da pele externa de cabo de aço inox

CARACTERÍSTICAS – CABO DE AÇO INOX							
Estudos de Casos	Configuração				Material		
	Geometria da cavidade	Tipo de ventilação	Largura da cavidade	Aberturas da pele externa	Material	Cor	Permeabilidade
Caso 17	Múltiplos pavimentos	Natural e artificial	1,05 m	Base, topo e espaçamento entre os cabos de aço	Cabo de aço inox	Cinza	Cortina de aço inox
Caso 18	Múltiplos pavimentos	Natural e artificial	0,80 m	Base, topo e espaçamento entre os cabos de aço	Cabo de aço inox	Cinza	Cortina de aço inox
Caso 19	Múltiplos pavimentos	Natural e artificial	*1,20 m	Base, topo e espaçamento entre os cabos de aço	Cabo de aço inox	Cinza	Cortina de aço inox

Legenda

* = Largura estimada conforme escala gráfica

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Com base nos dados acima, observa-se que a configuração mais utilizada em fachadas duplas com cabo de aço inox apresentado neste estudo, são semelhantes a geometria de múltiplos pavimentos com cavidade dividida por

grelhas de manutenção. Além disso, todos os casos optaram por uma ventilação natural e artificial.

Quanto a superfície que compõe a fachada dupla, essa é composta por uma cortina formada por cabos de aço inox estendidos sobre toda área da fachada do edifício, e possuem a cor natural do aço (cinza). Essa cortina apresenta espaçamentos entre os cabos tornando possível a passagem de ar e outros agentes naturais. A dimensão que elas aparecem afastadas da pele interna do edifício, variou de 0,80 m a 1,20 m, e nenhum caso apresentou algum tipo de dispositivo de sombreamento interno, além da segunda fachada.

Na sequência, a Figura 22 resume os principais achados da análise feita sobre as características dessa fachada dupla. Essa imagem concentra as características que mais apareceram nos casos estudados.

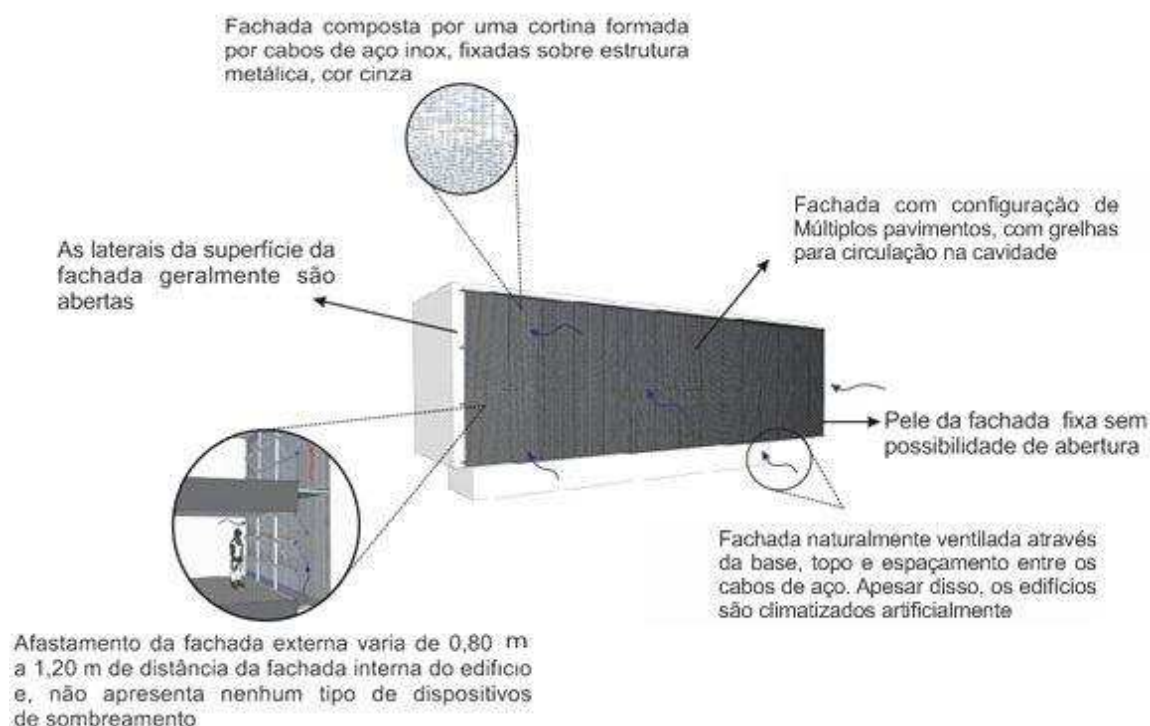


Figura 22 – Resultado das características em edifícios com fachada dupla de cabo de aço inox
Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

c) Características do entorno

De acordo com os resultados obtidos nos Casos 17 ao 19, seguem as características do entorno de cada caso estudado, resultando no Quadro 18.

Caso 17: O quarteirão em que foi construído esse conjunto, possui um entorno bastante adensado. Por isso, o projeto buscou fazer com que partes das construções do edifício chegassem às calçadas e parte fossem permeáveis,

criando grandes balanços permitindo uma praça central que liga todo o conjunto. As fachadas duplas foram direcionadas a Noroeste, Sudeste e Sudoeste recebendo os ventos dominantes de Sul e Sudeste. A fachada Noroeste é a única que recebe uma ventilação adequada, pois está em direção perpendicular ao vento dominante.

Caso 18: Esse caso está localizado em uma área pouco adensada de Brasília-DF. As fachadas com cortina de cabo de aço estão voltadas para Norte e Sul, onde recebem os ventos dominantes de Leste. O clima seco de Brasília não é recomendado utilizar a ventilação para refrescar os ambientes. Nesse caso o uso de vegetação no interior da fachada dupla seria uma boa opção, pois ela ajudaria a filtrar o ar quente e seco segurando a poeira que está submersa no ar.

Caso 19: Localizado na Avenida Barão Homem de Melo, no Nova Suíça, bairro da região Oeste da capital mineira, o entorno desse edifício é bastante adensado. As principais fachadas que receberam uma segunda pele foram as orientações Noroeste e Sudeste. E quanto aos ventos dominantes do local, esses partem de Leste. A seguir, o Quadro 18 mostra as variáveis do entorno de cada caso encontrado com fachada dupla de cabo de aço inox, e em seguida a análise desses dados.

Quadro 18 – Variáveis do entorno (cabo de aço inox)

CARACTERÍSTICAS DO ENTORNO			
Estudos de Casos	Orientação da fachada	Ventos dominantes	Adensamento local
Caso 17	Sudeste, Sudoeste, Nordeste e Noroeste	Sul e Sudeste	Adensamento vertical vizinho alto
Caso 18	Norte e Sul	Leste	Adensamento vizinho baixo
Caso 19	Noroeste e Sudeste	Leste	Adensamento vizinho alto

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Baseado nas informações do quadro acima, nota-se que todos os edifícios encontrados com fachada dupla de cabo de aço inox apresentam mais de uma superfície com fachada dupla, sendo que as mais frequentes são, Noroeste e Sudeste. E de acordo com esses dados, o único caso que está recebendo uma ventilação adequada é o Caso 17, pois a fachada Noroeste está perpendicular ao vento dominante de Sudeste, aumentando o fluxo de ar na cavidade da fachada. Porém, devido à permeabilidade da camada externa essa configuração não limita o fluxo de ar pelo ambiente interno.

Entre os três casos, o que possui menos adensamento em seu entorno é o Caso 18, pois está implantado em uma área pouco urbanizada de Brasília. Os outros, estão localizados em grandes centros, onde a verticalização de edifícios é maior ajudando a obstruir a radiação solar e os ventos locais. A Figura 23 resume os principais achados dessa análise. A imagem concentra as características que mais apareceram no entorno dos casos estudados com fachada de cabo de aço inox.

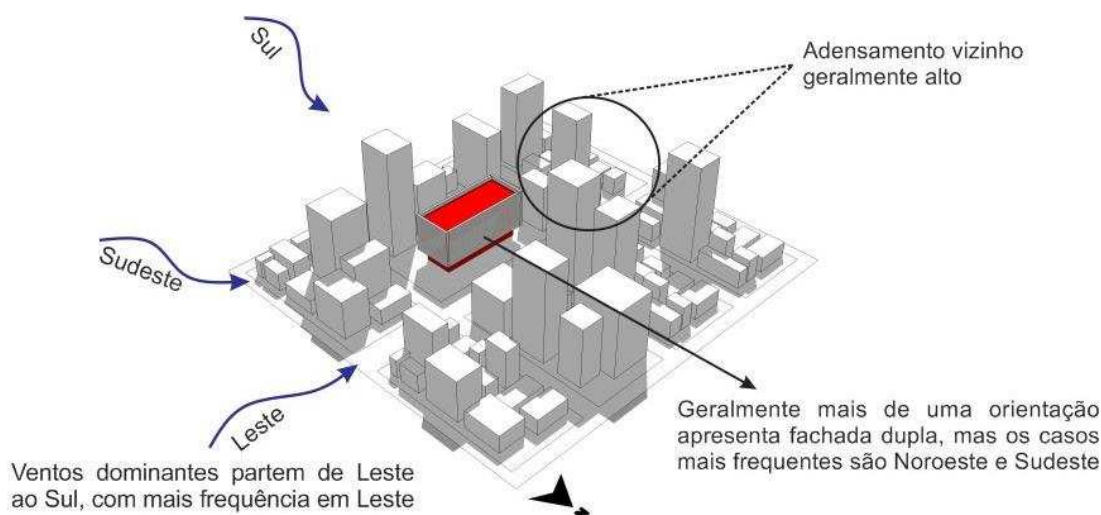


Figura 23 – Frequência dos resultados da análise de entorno em edifícios com fachada dupla de cabo de aço inox
 Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

4.5 FACHADA DUPLA DE MEMBRANA TÊXTIL

A Membrana e tecidos plásticos possuem como vantagens controlar a transmitância de luz, leveza, alta resistência, resistência à corrosão e isolamento térmico. O quadro a seguir, mostra três edifícios brasileiros que foram encontrados utilizando esse material como fachada dupla, um na região Centro-Oeste e dois no Sul do país.

Quadro 19– Edifícios encontrados com fachada dupla de membrana têxtil

MEMBRANA TÊXTIL	
 <p>CASO 20 Sede do CONFEA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brasília, DF • 2010 	 <p>CASO 21 Sede do Clube Curitibano</p> <ul style="list-style-type: none"> • Curitiba, PR • 2016
 <p>CASO 22 Lab. Santa Luzia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Florianópolis, SC • 2012 	

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

a) Características gerais dos edifícios

Na sequência seguem as características dos edifícios com fachada dupla de membrana têxtil.

Caso 20: O edifício que abriga a Sede do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA), localizado na asa Norte de Brasília, apresenta um projeto funcional combinando o uso de concreto e aço. O edifício está distribuído em térreo mais 4 pavimentos, onde as janelas próximas as fachadas duplas receberam aberturas em *maxim-ar*.

Caso 21: Resultado de um concurso fechado entre os escritórios da cidade, o projeto da Sede do Clube Curitibano será distribuído em 6 pavimentos e toda a sua área envidraçada receberá janelas *maxim-ar* de vidros incolores.

Caso 22: Esse edifício comercial de 3 pavimentos apresenta traços simples e cores claras. Quanto ao tipo de vidro e o posicionamento das janelas, não foram encontradas informações. O Quadro 20 mostra um resumo dos dados técnicos dos casos dos edifícios encontrados com fachada dupla de membrana têxtil.

Quadro 20 – Características da edificação (membrana têxtil)

DADOS TÉCNICOS DOS CASOS				
Estudos de Casos	Finalidade do edifício	Número de pavimentos	Vidro da pele interna	Abertura e posição das janelas internas
Caso 20	Corporativo	Térreo + 4 pav.	I.N.E	Janelas <i>maxim-ar</i>
Caso 21	Institucional e Corporativo	6 pav.	Vidro incolor	Janelas <i>maxim-ar</i>
Caso 22	Comercial	Térreo + 3 pav.	I.N.E	I.N.E

Legenda

I.N.E = Informação não encontrada

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Os dados apresentados no quadro acima mostram que os edifícios encontrados que utilizam fachada dupla de membrana têxtil no Brasil possuem um uso diversificado, variando entre institucional, corporativo e comercial. A distribuição desses edifícios varia de 3 a 6 pavimentos e representam uma volumetria bem contemporânea, seguindo uma forma mais horizontal.

Quanto às áreas envidraçadas da superfície interna desses edifícios, apenas o Caso 21 identificou o tipo de vidro utilizado, que é o vidro incolor. Em relação as aberturas, a janela *maxim-ar* é a mais utilizada entre os casos e configuram-se em mais de 90% de superfícies envidraçadas. A Figura 24 representa esses resultados em uma forma mais esquemática.

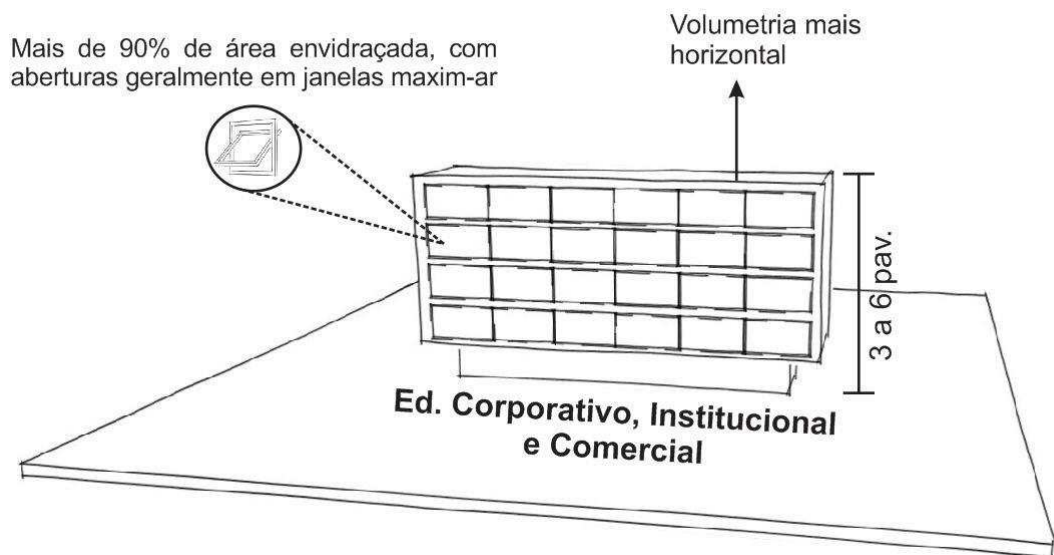


Figura 24 – Resultado das características dos edifícios com fachada dupla de membrana têxtil
 Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

b) Configurações e Materiais da Fachada Dupla

A seguir serão apresentadas as características da pele externa dos edifícios que foram encontrados com fachada dupla de membrana têxtil.

Caso 20: Na fachada desse edifício foi utilizado a membrana têxtil perfurada, na cor verde. A sua composição configura-se como uma fachada de múltiplos pavimentos e não apresenta divisões interna na sua cavidade. Essa fachada está afastada aproximadamente a 2,00 m de distância da superfície interna, e além de funcionar como um brise para assegurar o conforto térmico dos ambientes, de dia possibilita a privacidade dos espaços internos.

Caso 21: Com uma fachada contínua, esse caso também se encaixa como uma fachada de múltiplos pavimentos. O material usado para essa superfície é uma membrana têxtil com microperfurações que ajudam a controlar e filtrar os raios solares. Essa membrana apresenta tons de branco gelo e está afastada aproximadamente a 0,30 m do corpo interno do edifício.

Caso 22: A fachada do Laboratório Santa Luzia em Florianópolis-SC foi constituída por painéis com membrana têxtil tensionada, na cor cinza. Ela configura-se como uma fachada de múltiplos pavimentos e está afastada aproximadamente de 0,50 m. O Quadro 21 mostra as principais características da pele externa de cada caso dos edifícios encontrados com fachada dupla de membrana têxtil.

Quadro 21 – Características da pele externa de membrana têxtil

CARACTERÍSTICAS – MEMBRANA TÊXTIL							
Estudos de Casos	Configuração				Material		
	Geometria da cavidade	Tipo de ventilação	Largura da cavidade	Aberturas da pele externa	Material	Cor	Permeabilidade
Caso 20	Múltiplos pavimentos	Natural e artificial	*2,00 m	Sem aberturas	Membrana de PVC	Verde	Membrana perfurada
Caso 21	Múltiplos pavimentos	Natural e artificial	*0,30 m	Sem aberturas	Membrana de PVC	Branco gelo	Membrana perfurada
Caso 22	Múltiplos pavimentos	Natural e artificial	*0,50 m	Alguns vazios na fachada	Membrana de PVC	Cinza	Membrana perfurada

Legenda

* = Largura estimada conforme escala gráfica

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

As informações expostas no quadro acima, mostram que a configuração de múltiplos pavimentos é a mais utilizada entre os casos encontrados com membrana têxtil. Essas fachadas estão afastadas de 0,30 m a 2,00 m, e nenhum dos casos implantou algum tipo de dispositivo de sombreamento na cavidade. Além disso, a ventilação natural aliada a artificial também se fez presente em todos esses casos.

Quanto à cor utilizada, não houve uma frequência entre os casos, cada um adotou um jogo de cores diferente. Porém, os casos que adotaram cores claras terão menos absorção térmica e possivelmente dissiparão mais calor para fora da fachada. Em relação a permeabilidade visual do material, as malhas que são perfuradas são revestidas com PVC e podem atingir até 90% de transparência para quem está no lado interno do edifício. A Figura 25, resume essa análise concentrando as características que mais apareceram nos casos estudados.

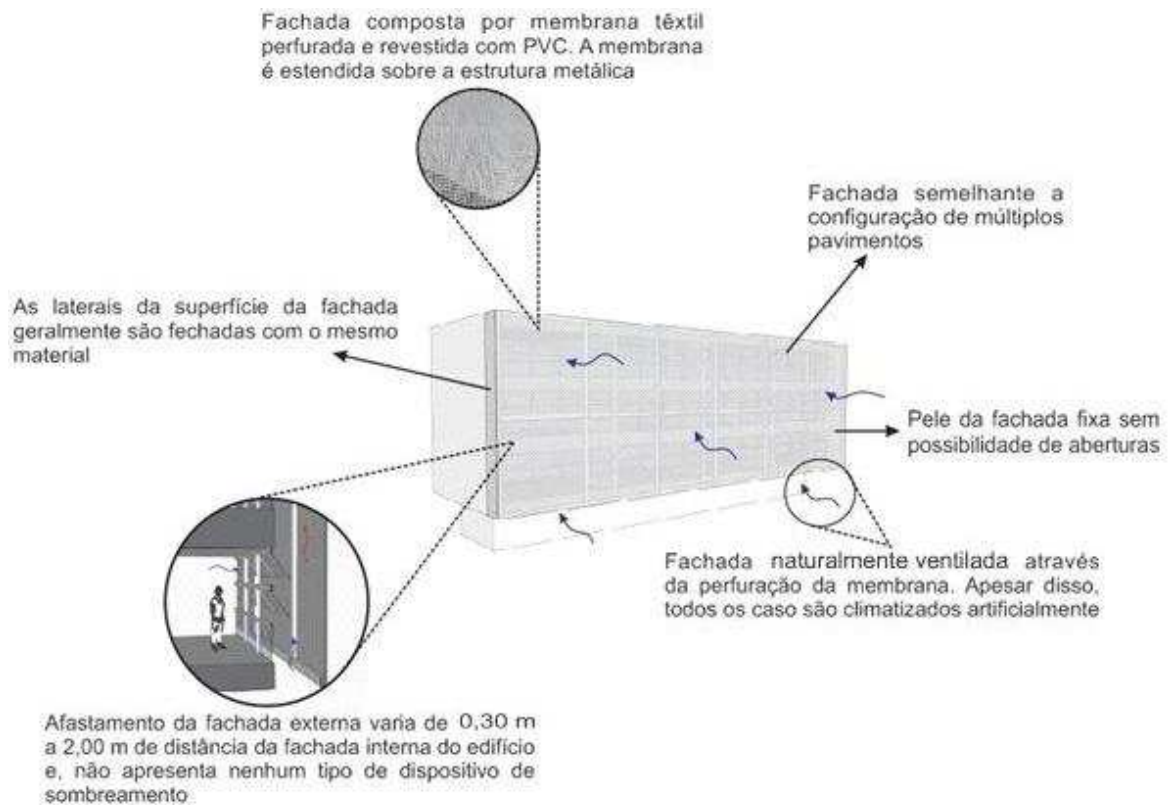


Figura 25 – Resultado das características em edifícios com fachada dupla de membrana têxtil
 Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

c) Características do entorno

Na sequência seguem as características do entorno em que os edifícios estão inseridos.

Caso 20: Inserido entre as Avenidas W2 e W3 da asa Norte de Brasília, o entorno desse edifício não é muito adensado o que permite a ventilação cruzada nos ambientes, pois suas principais fachadas estão voltadas para Leste e Oeste, onde Leste recebe os ventos dominantes. Apesar da fachada Oeste ser a pior situação ela está perpendicular ao vento dominante, isso ajuda a aumentar o fluxo de ar dentro da cavidade.

Caso 21: Esse edifício será implantado no bairro Mercês, em Curitiba, uma zona habitacional que permite altura de edificações de até 2 pavimentos. Devido a isso, o entorno desse projeto não sofrerá com o adensamento vertical de edifícios, e por isso conseguirá receber os ventos dominantes do local, que são: Leste e Sudeste. As fachadas do edifício serão voltadas para Leste e Oeste, onde a fachada Leste estará perpendicular ao vento Oeste, ajudando a reforçar o fluxo de ar e o efeito térmico da cavidade.

Caso 22: Localizado em uma região central de Florianópolis, esse caso tem um entorno bastante adensado. A fachada que empregou fachada dupla no edifício encontra-se a Oeste, estando em direção paralela dos ventos dominantes do local, que são: Norte e Nor-nordeste. O Quadro 22 mostra as variáveis do entorno de cada caso encontrado com fachada dupla utilizando a membrana têxtil, e em seguida segue a análise desses dados.

Quadro 22 – Variáveis do entorno (membrana têxtil)

CARACTERÍSTICAS DO ENTORNO			
Estudos de Casos	Orientação da fachada	Ventos dominantes	Adensamento local
Caso 20	Leste e Oeste	Leste	Adensamento vizinho baixo
Caso 21	Leste e Oeste	Leste e Sudeste	Adensamento vizinho baixo
Caso 22	Oeste	Norte e Nor-nordeste	Adensamento vizinho alto

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

De acordo com as informações do quadro acima, nota-se que os edifícios encontrados com fachada de membrana têxtil estão com suas fachadas orientadas geralmente para Leste e Oeste, em direção perpendicular aos ventos dominantes do local que estão inseridos.

Quanto aos ventos dominantes, variam de Norte ao Sudeste, tendo mais frequência a Leste. Com isso, observa-se que o Caso 20 e 21 receberam os ventos dominantes do local em pelo menos uma de suas fachadas, e apenas o Caso 22 ficou desfavorecido por estar na direção oposta do vento.

Em relação ao adensamento local que esses edifícios foram inseridos, observou-se que o Caso 20 e 21, localizam-se em recintos urbanos com adensamento baixo e livre de edificações altas ao seu redor. Já o Caso 22 está em uma área central de Florianópolis onde existem muitos edifícios altos. Na sequência, a Figura 26 resume os principais achados da análise feita no entorno dos edifícios com fachada dupla de membrana têxtil.

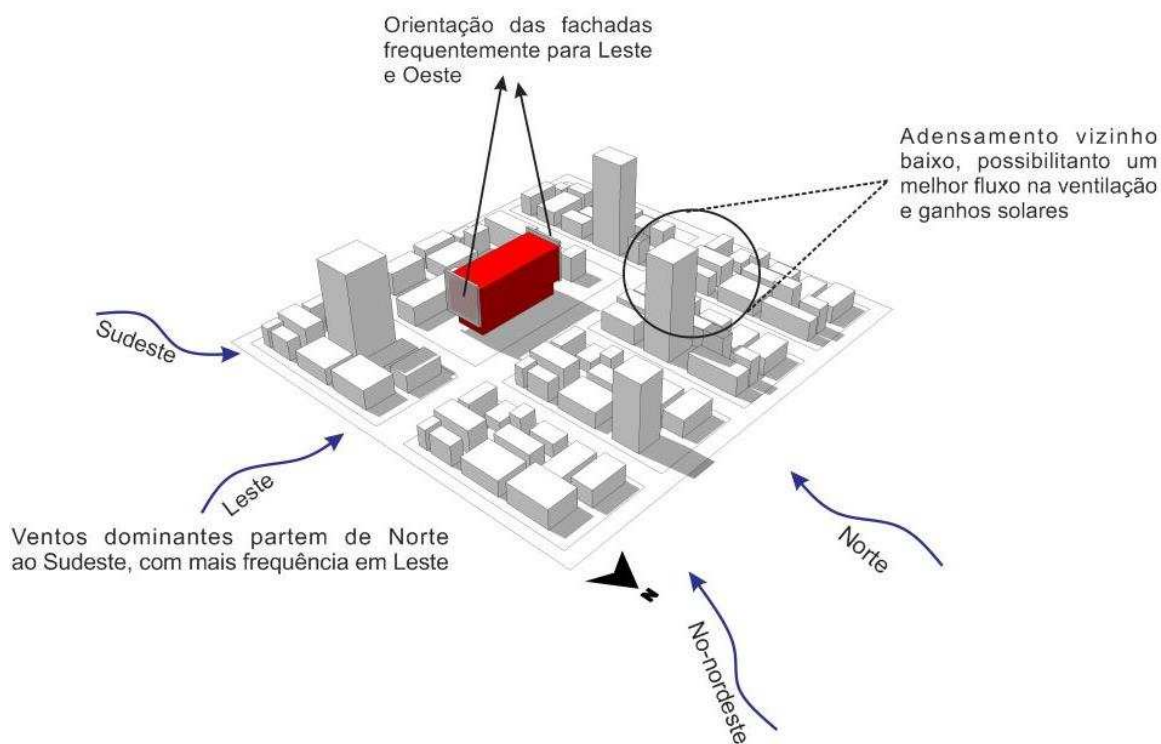


Figura 26 – Frequência dos resultados da análise de entorno em edifícios com fachada dupla de membrana têxtil.
 Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

4.6 FACHADA DUPLA DE MADEIRA

A crescente popularidade no uso de madeira na indústria da construção tem ganhado espaço em fachadas de edifícios. No Brasil, dois casos que se assemelham à fachada dupla foram encontrados, um no Sudeste e outro no Centro-Oeste do país. O quadro a seguir apresenta esses casos.

Quadro 23 - Edifícios encontrados com fachada dupla de madeira

MADEIRA	
	<p>CASO 23 Restaurante Bossa</p> <ul style="list-style-type: none"> • São Paulo, SP • 2015
	<p>CASO 24 Ed. Sede da ANTAQ</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brasília, DF • 2006

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

a) Características gerais dos edifícios

Na sequência, segue a descrição das características dos edifícios de cada caso encontrado. E em seguida, um quadro expõem o resumo desses achados.

Caso 23: Com uma fachada de madeira, esse edifício está localizado na Alameda Lorena, no bairro dos Jardins, em São Paulo - SP. O Restaurante Bossa, é um espaço que integra bar, restaurante, loja de roupa e estúdio de

gravação, tudo isso está distribuído em 2 pavimentos. Além da madeira predominante foi utilizado a estrutura metálica e muitas áreas envidraçadas.

Caso 24: Esse edifício comercial em Brasília - DF, apresenta o uso de materiais em concreto, madeira e vidro. Distribuído em um térreo mais 4 pavimentos, as áreas envidraçadas do edifício podem ser operadas por janelas de correr. Quanto ao tipo de vidro utilizado, não foi identificado. Na sequência, o Quadro 24 mostra um resumo dos dados técnicos dos edifícios encontrados com fachada dupla de madeira.

Quadro 24 – Características da edificação (madeira)

DADOS TÉCNICOS DOS CASOS				
Estudos de Casos	Finalidade do edifício	Número de pavimentos	Vidro da pele interna	Abertura e posição das janelas internas
Caso 23	Comercial	Térreo + 1 pav.	I.N.E	*Janelas fixas
Caso 24	Comercial	Térreo + 4 pav.	I.N.E	Janelas de correr

Legenda

I.N.E = Informação não encontrada

*= Informação estimada conforme imagens do projeto

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Com base nas informações acima, a finalidade de uso desses edifícios é o comercial, apresentando uma altura de até 4 pavimentos. Suas volumetrias adotaram formatos com linhas retas e horizontal.

Em relação as aberturas da superfície interna, nota-se que o Caso 23 adotou mais de 90% de área envidraçada e algumas janelas fixas. Já o Caso 24, empregou menos área transparente e optou por janelas de correr. Quanto ao tipo de vidro utilizado, ambos os casos não foram identificados. A Figura 27 representa esses resultados em uma forma mais esquemática.

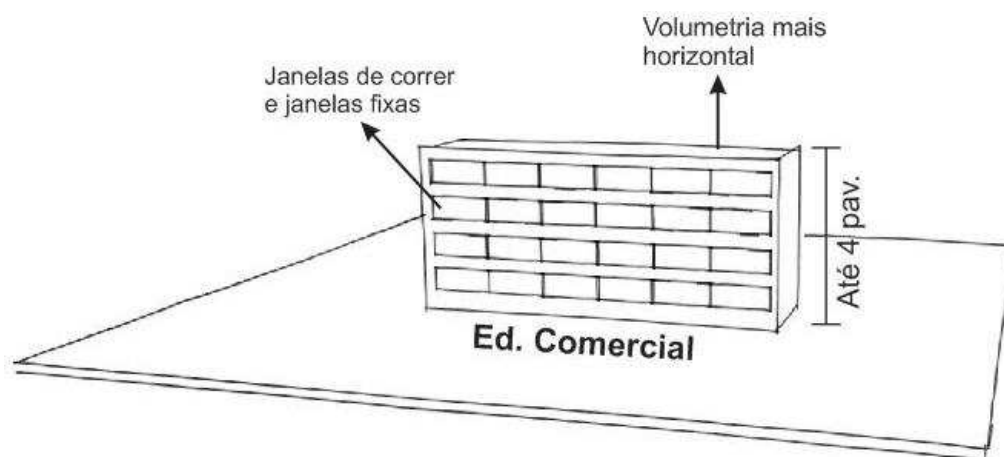


Figura 27 – Resultado das características dos edifícios com fachada dupla de madeira
Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

b) Configurações e Materiais da Fachada Dupla

Na sequência seguem as características da pele externa de madeira de cada caso, resultando no Quadro 25.

Caso 23: A fachada desse edifício usou a madeira plástica (composto de pó de madeira com polímeros) para compor os brises. Esses se juntam à estrutura metálica e ao fechamento de vidro, tendo aproximadamente 0,10 m de espaçamento entre eles. Apesar de ser uma fachada composta por placas verticais segmentadas, essa fachada encaixa-se como a de múltiplos pavimentos. O tipo de vidro utilizado para as áreas envidraçadas não foi identificado, porém, nota-se através de imagens do projeto que é incolor e não tem aberturas para o exterior.

Caso 24: Essa fachada configura-se como uma fachada de múltiplos pavimentos e apresenta uma grelha de manutenção na cavidade em cada pavimento. Os materiais utilizados foram perfis de madeira, criando um grande brise afastado do corpo do edifício. Essa distância não foi identificada. O quadro a seguir mostra um resumo das características da pele externa dos edifícios encontrados com fachada dupla de madeira.

Quadro 25 – Características da pele externa de madeira

CARACTERÍSTICAS – MADEIRA							
Estudos de Casos	Configuração				Material		
	Geometria da cavidade	Tipo de ventilação	Largura da cavidade	Aberturas da pele externa	Material	Cor	Permeabilidade
Caso 23	Múltiplos pavimentos	Artificial	*0,10 m	Com aberturas	Madeira plástica	Tom da madeira	Brises móveis
Caso 24	Corredor	Natural e artificial	I.N.E	Sem aberturas	Madeira	Tom da madeira	Perfilado de madeira

Legenda

I.N.E = Informação não encontrada

* = Largura estimada conforme escala gráfica

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

De acordo com os dados do quadro acima, nota-se que os dois casos apresentam características distintas mesmo usando o mesmo material. O Caso 23 adotou uma configuração de múltiplos pavimentos, com composição dos brises na vertical, que podem mudar de ângulo criando pequenas aberturas. Já

o Caso 24, usou uma tela em perfilado de madeira na horizontal e sua fachada também se configura como múltiplos pavimentos.

Por não existir uma frequência em suas características, a Figura 28 demonstra de forma mais esquemática os detalhes de cada caso.

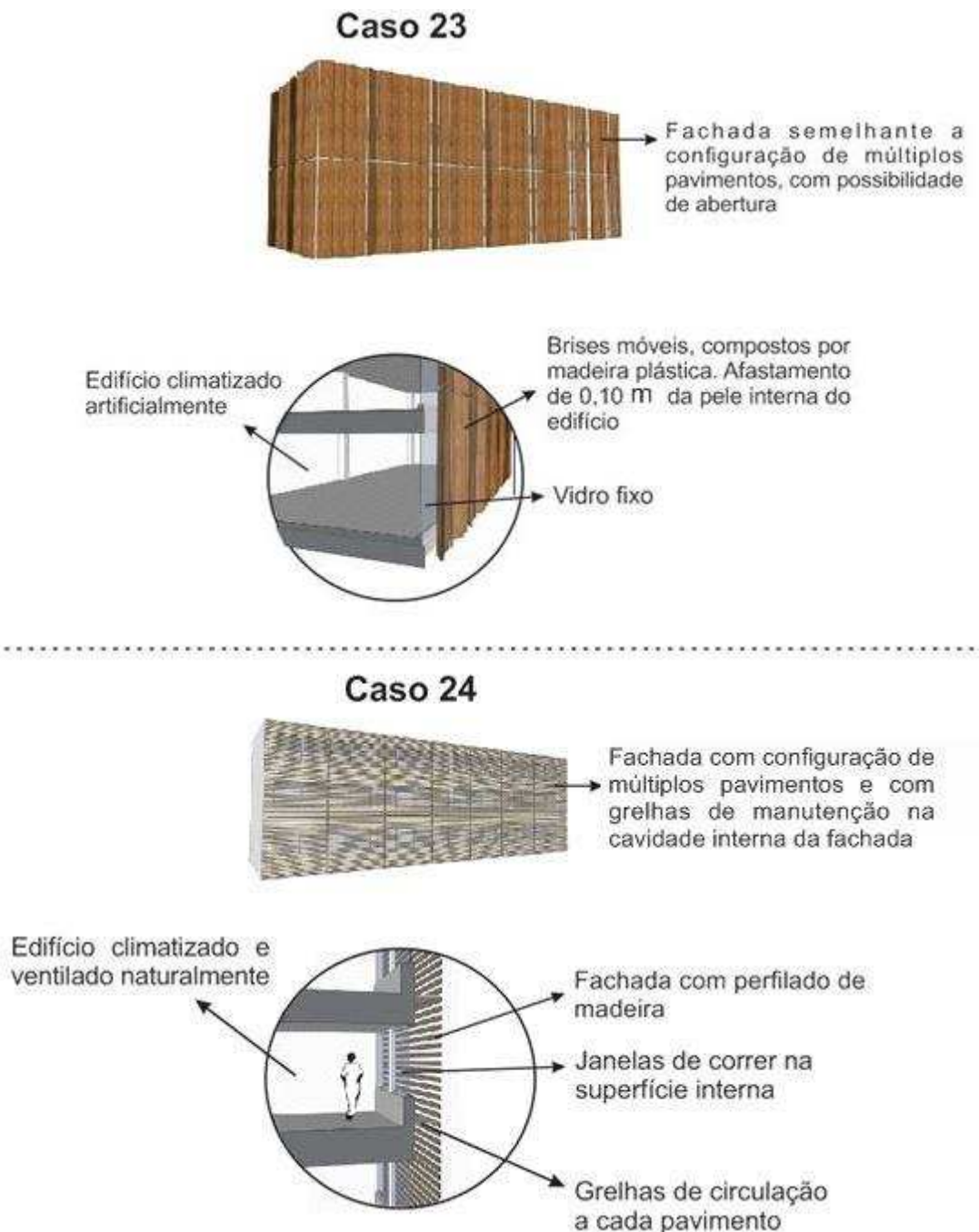


Figura 28 – Características em edifícios com fachada dupla de madeira
Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

c) Características do entorno

De acordo com os resultados obtidos nos Casos 23 e 24, seguem as características do entorno dos casos estudados, resultando no Quadro 26.

Caso 23: Inserido no bairro Jardim Paulista, em São Paulo, o local que foi implantado o Restaurante Bossa é bastante adensado. Com fachadas direcionadas para Noroeste, Sudoeste, Sudeste e Nordeste, esse edifício recebe ventos dominantes de Sul e Sudeste, coincidindo perpendicularmente com algumas fachadas do projeto.

Caso 24: Localizado na asa Norte de Brasília - DF, um local com adensamento baixo, esse edifício tem suas fachadas direcionadas a Leste e Oeste. Os ventos dominantes do local coincidem com a fachada Leste, aumentando o fluxo de ar na fachada Oeste. Em seguida um quadro mostra um resumo das variáveis do entorno de cada caso encontrado com fachada dupla de madeira, e na sequência segue a análise desses dados.

Quadro 26 – Variáveis do entorno (madeira)

CARACTERÍSTICAS DO ENTORNO			
Estudos de Casos	Orientação da fachada	Ventos dominantes	Adensamento local
Caso 23	Noroeste, Sudoeste, Sudeste e Nordeste	Sul e Sudeste	Adensamento vizinho alto
Caso 24	Leste e Oeste	Leste	Adensamento vizinho baixo

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Com base nas informações descritas no quadro acima, observa-se que os dois casos estudados adotaram mais que uma fachada dupla de madeira para o edifício, apresentando mais que uma orientação. Os ventos dominantes do local, partem de Leste ao Sul e pelo menos uma fachada de cada caso coincidem com esses ventos.

O adensamento vizinho do local que o Caso 23 foi inserido é de fato muito mais alto que o outro caso, pois encontra-se em um terreno cercado por verticalização de edifícios altos. A Figura 29 resume de forma mais esquemática essa análise do entorno.

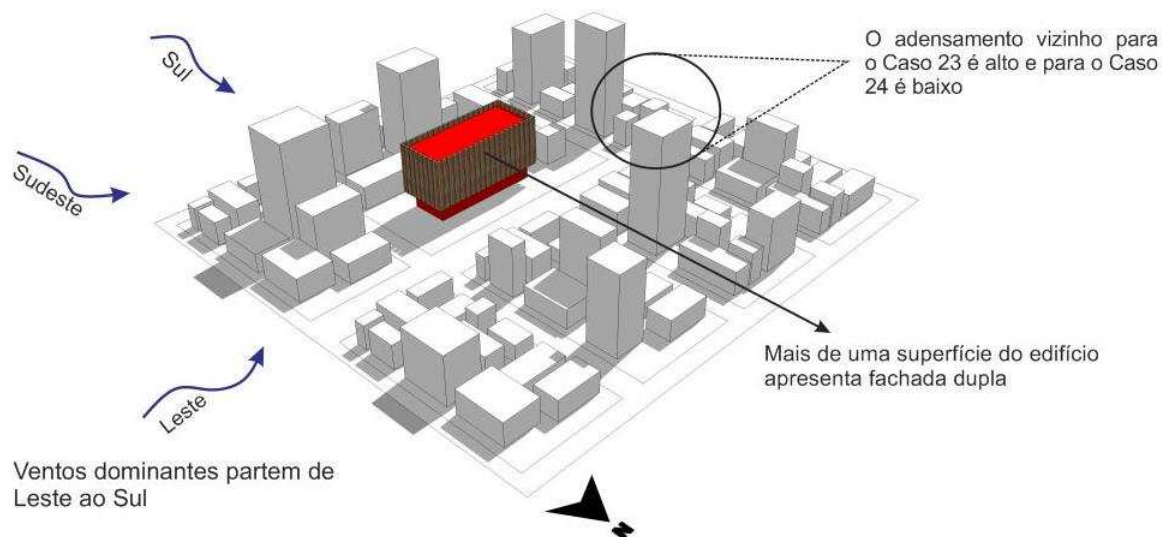



Figura 29 – Frequência dos resultados da análise de entorno em edifícios com fachada dupla de madeira

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

4.7 FACHADA DUPLA DE VERGALHÃO DE AÇO

Esse sistema é um elemento amplamente utilizado na construção civil, e aos poucos tem ganhado espaço na composição e projeto de fachadas. No Brasil, um edifício foi identificado com esse material e está localizado na região Sul.

Quadro 27– Edifício encontrado com fachada dupla de vergalhão de aço

VERGALHÃO DE AÇO	
	<p>CASO 25 OXI</p> <ul style="list-style-type: none"> • Curitiba, PR • 2011

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

a) Características gerais do edifício

Na sequência seguem as características do edifício, resultando no Quadro 28.

Caso 25: Esse edifício abriga as sedes de três empresas de projeto, sendo um estúdio de arquitetura e duas de cálculo estrutural. Além do uso predominante do vidro que ocupa mais de 90% das superfícies internas do edifício, outros materiais que foram utilizados nessa obra foram o aço e concreto. Essas áreas envidraçadas receberam portas de correr ao longo de sua volumetria formada por blocos.

O quadro a seguir mostra um resumo dos dados técnicos do edifício encontrado com fachada dupla de aço, e na sequência a Figura 30 representa essas características.

Quadro 28 – Características da edificação (Vergalhão de aço)

DADOS TÉCNICOS DOS CASOS				
Estudos de Casos	Finalidade do edifício	Número de pavimentos	Vidro da pele interna	Abertura e posição das janelas internas
Caso 25	Corporativo	Sub. Solo+ térreo+ 3 pav.	Vidro incolor	Portas de correr

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

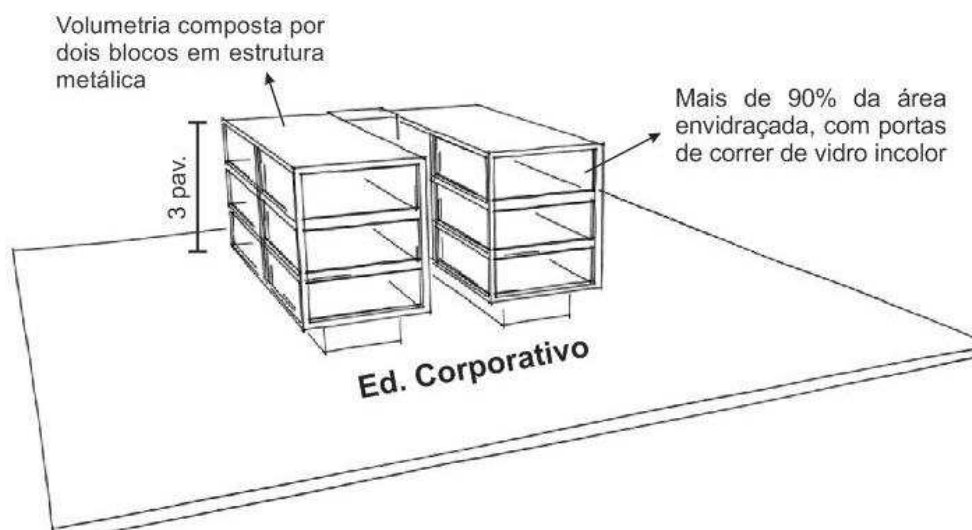


Figura 30 – Resultado das características do edifício com fachada dupla de aço
Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

b) Configurações e Materiais

Na sequência seguem as características da pele externa da fachada dupla de aço, resultando no Quadro 29.

Caso 25: As fachadas desse edifício apresentam passarelas laterais que soltam o prédio de seus limites, dando a sensação de que os blocos de vidro flutuam. Sua superfície externa apresenta dois tipos de vedação, nas fachadas Noroeste e Sudeste é formada por chapas de aço patinável, e a fachada Nordeste é composta por uma malha com vergalhões em camadas, que apoiam o paisagismo natural que ainda está em desenvolvimento. Uma circulação externa com grelhas de piso nas laterais dos pavimentos, formam passarelas que ligam todos os ambientes. Essas passarelas permitem a circulação do ar quando são abertas as portas de cada sala. Sua dimensão é de aproximadamente 0,50 m a 0,70 m, conforme escala gráfica dos projetos consultados.

O quadro a seguir mostra um resumo das características da pele externa do caso encontrado com fachada dupla de aço, e na sequência a Figura 31 resume esses detalhes.

Quadro 29 – Características da pele externa de Vergalhão de aço

CARACTERÍSTICAS - VERGALHÃO DE AÇO							
Estudos de Casos	Configuração				Material		
	Geometria da cavidade	Tipo de ventilação	Geometria da cavidade	Aberturas da cavidade	Material	Cor	Permeabilidade
Caso 25	Corredor	Natural e artificial	*0,50 a 70 m	Sem aberturas	Vergalhão de aço e aço patinável	Cor natural do aço	Painéis e Malha com vergalhões em camadas

Legenda

*= Informação estimada conforme escala gráfica

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

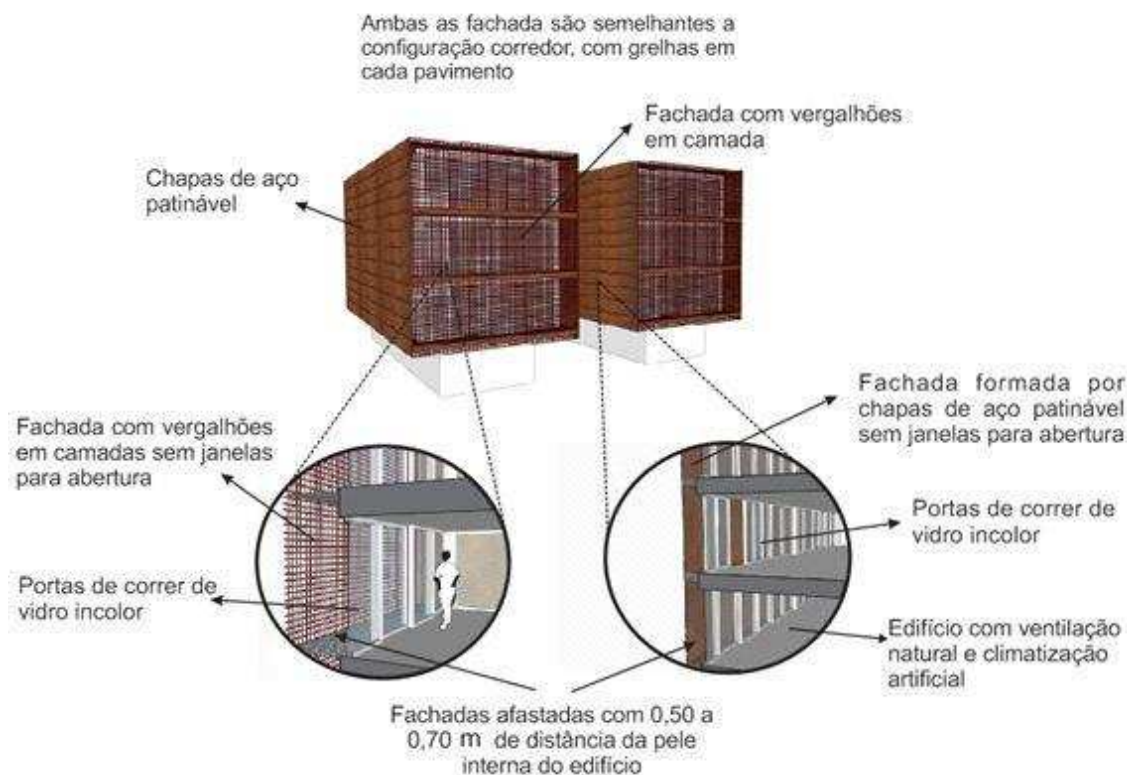


Figura 31 – Característica do edifício com fachada dupla de aço

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

c) Características do entorno

Na sequência seguem as características do entorno que foi encontrado esse edifício, resultando no Quadro 30.

Caso 25: Localizado no alto da Rua Jerônimo Dursky na cidade de Curitiba, um local pouco adensado, o edifício OXI recebe os ventos dominantes de Leste e Sudeste. Suas principais fachadas estão direcionadas para Noroeste, Sudeste e Nordeste. A fachada Noroeste é única que está perpendicular ao vento dominante. Na sequência, um quadro mostra o resumo dessas variáveis encontradas e em seguida a Figura 32 representa as características do entorno.

Quadro 30 – Variáveis do entorno (Vergalhão de aço)

CARACTERÍSTICAS DO ENTORNO			
Estudos de Casos	Orientação da fachada	Ventos dominantes	Adensamento local
Caso 25	Noroeste, Sudeste e Nordeste	Leste e Sudeste	Adensamento vizinho baixo

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

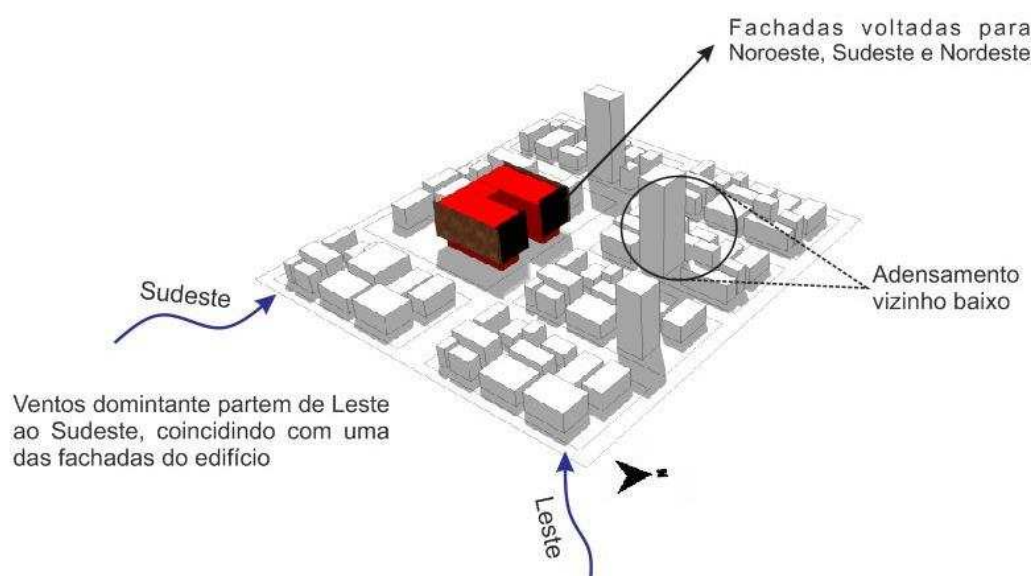



Figura 32 – Análise do entorno do edifício com fachada dupla de aço
Fonte: Autora, 2017.

4.8 FACHADA DUPLA DE CONCRETO POLÍMERO

Atualmente é possível encontrar esse produto em fachadas de edifícios em formato de painéis. No Brasil, um edifício foi identificado na região Sudeste, utilizando esse material como fachada dupla.

Quadro 31– Edifício encontrado com fachada dupla de concreto polímero

CONCRETO POLÍMERO	
	<p>CASO 26 Museu da Imagem e do Som</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rio de Janeiro, RJ • 2014

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

a) Características gerais do edifício

Na sequência seguem as características do edifício encontrado com fachada de concreto polímero, resultando no Quadro 32.

Caso 26: Com uma volumetria traçando rampas e patamares sequenciais, o Museu da Imagem e do Som, no Rio de Janeiro, está distribuído em 7 pavimentos. A área envidraçada do edifício recebeu vidros incolores levemente esverdeados de 14 mm, apoiados em perfis de alumínio e fixados em montantes de aço. Porém, alguns ambientes foram empregados apenas vidros incolores, do piso ao teto, sobre perfil de aço inox.

O quadro a seguir mostra um resumo dos dados técnicos do edifício encontrado com fachada dupla de concreto polímero, e em seguida segue a Figura 33 representando esse exemplo.

Quadro 32 – Características da edificação (concreto polímero)

DADOS TÉCNICOS DOS CASOS				
Estudos de Casos	Finalidade do edifício	Número de pavimentos	Vidro da pele interna	Abertura e posição das janelas internas
Caso 26	Institucional	2 Sub. + Térreo + 7 pav.	Vidros incolores levemente esverdeados de 14 mm	I.N.E

Legenda

I.N.E = Informação não encontrada

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

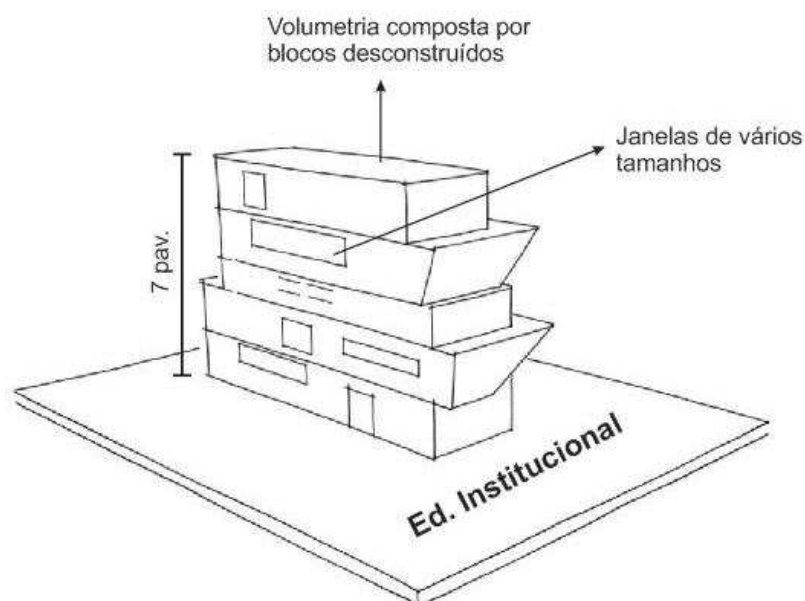


Figura 33 – Resultado das características do edifício com fachada dupla de concreto polímero
Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

b) Configurações e Materiais da Fachada Dupla

Na sequência seguem as características da pele externa de concreto polímero, resultando no Quadro 33.

Caso 26: A fachada Oeste desse edifício consiste de um sistema de fachada dupla em concreto polímero, constituída por um mural tridimensional composto de placas modulares de 15 m por 15 m, em seis tons entre preto e branco. A superfície da fachada está afastada da parede interna 1,5 m, e seus painéis foram fixados utilizando perfis metálicos aparafusados no concreto. Devido à sua configuração contínua essa fachada pode ser considerada como fachada de múltiplos pavimentos. O quadro a seguir mostra um esquema dessas características, e em seguida a Figura 34 resume esses detalhes.

Quadro 33 – Características da pele externa de concreto polímero

CARACTERÍSTICAS – CONCRETO POLÍMERO							
Estudos de Casos	Configuração				Material		
	Geometria da cavidade	Tipo de ventilação	Geometria da cavidade	Aberturas da cavidade	Material	Cor	Permeabilidade
Caso 26	Múltiplos pavimentos	Natural e artificial	0,15 m	Sem aberturas	Concreto Polímero	Contrastes entre o preto e o branco	Placas modulares 0,15 x 0,15 m

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

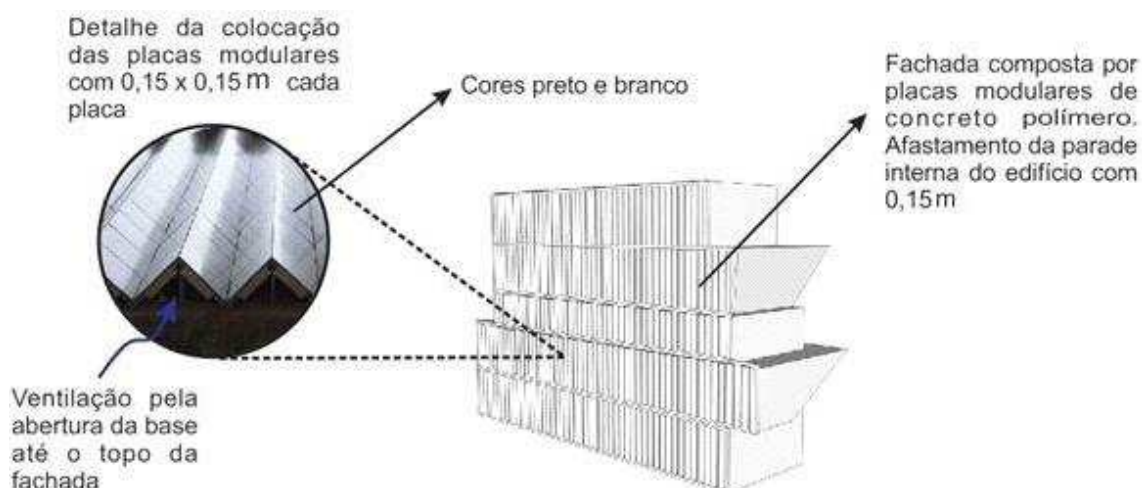


Figura 34 – Características do edifício com fachada dupla de concreto polímero

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

c) Características do entorno

Na sequência segue as características do entorno desse caso, resultando no Quadro 34.

Caso 26: O projeto desse edifício precisou levar em consideração a limitação de altura para não aumentar as zonas sombreadas no calçadão de Copacabana e na praia. Além disso, seu entorno é bastante adensado exceto a fachada Leste que é a que está de frente para o mar, e os ventos dominantes partem de Es-sudeste e Sul.

O quadro a seguir apresenta um resumo das variáveis do entorno do caso encontrado com fachada dupla de concreto polímero, e em seguida segue a Figura 35 detalhando esses dados.

Quadro 34 – Variáveis do entorno (concreto polímero)

CARACTERÍSTICAS DO ENTORNO			
Estudos de Casos	Orientação da fachada	Ventos dominantes	Adensamento local
Caso 28	Oeste	És-sudeste e Sul	Adensamento vizinho alto

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.



Figura 35 – Análise do entorno do edifício com fachada dupla de concreto polímero

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Um dos objetivos desta pesquisa, era identificar outros materiais que são aplicados como fachada dupla nos edifícios brasileiro, além do vidro. Como

resultado, os quadros anteriores mostraram outros 6 tipos diferentes de materiais que têm sido considerados para essa segunda pele das fachadas dos edifícios.

4.9 CARACTERÍSTICAS MAIS FREQUENTES EM FACHADAS DUPLAS

Com base nos resultados que foram discutidos anteriormente, a Figura 36 resume os principais achados referente as características da edificação de todos os casos.

Mais de 90% de área envidraçada, com aberturas geralmente em portas de correr e janelas maxim-ar com vidros incolores

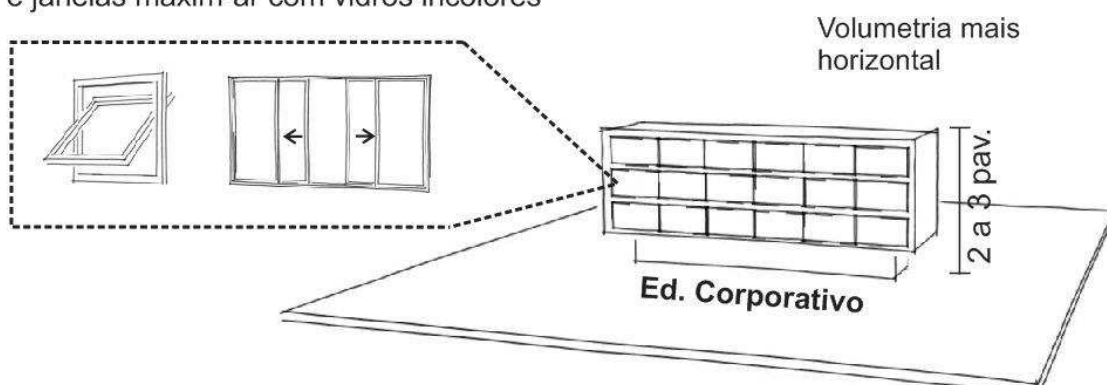


Figura 36 – Características mais frequentes em edifícios com fachada dupla
Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

A Figura 37 concentra as características da pele externa que mais apareceram nos casos estudados.

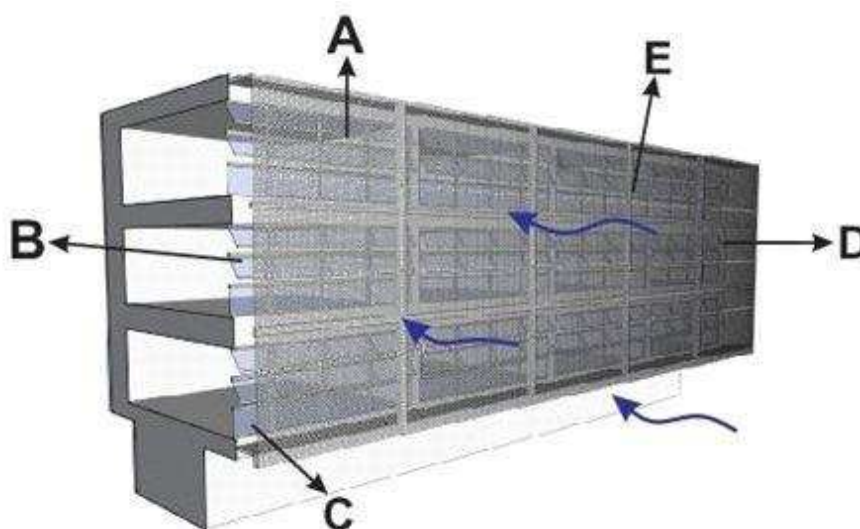


Figura 37 – Características mais frequentes na pele externa das fachadas duplas
Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

A- O material mais utilizado entre os casos estudados é a chapa metálica perfurada na cor branca.

B- A maioria dos casos permite que o usuário controle a abertura das janelas conforme suas necessidades. Essas superfícies geralmente apresentam mais de 90% de área envidraçada com janelas em *maxim-ar* e portas de correr. Os vidros laminados e incolores são os mais utilizados.

C- É possível que esta largura da cavidade esteja sendo adotada devido ao espaço que é necessário para que as janelas em *maxim-ar* sejam abertas, como também para a circulação da manutenção das fachadas.

D- A configuração de múltiplos pavimentos é a mais utilizada entre os casos, e sua cavidade varia de 0,50 m a 1,20 m de largura. Essas fachadas não apresentam janelas para aberturas e nenhum dispositivo de sombreamento interno na cavidade. Porém, alguns casos adotaram a própria pele externa para essa função, possibilitando aberturas com brises móveis que permitem diferentes angulações.

E- As fachadas são naturalmente ventiladas através da perfuração do material, porém, apesar disso os edifícios são climatizados artificialmente.

A Figura 38 apresenta o resumo das características mais frequentes no entorno dos edifícios de todos os casos com fachada dupla. Nota-se que a presença de mais de uma superfície com fachada dupla ainda é frequente, e que grande maioria é direcionada para a fachada Norte e Nordeste, que conforme foi visto no Capítulo 2, é uma das melhores orientações devido ela oferecer mais radiação solar durante o dia.

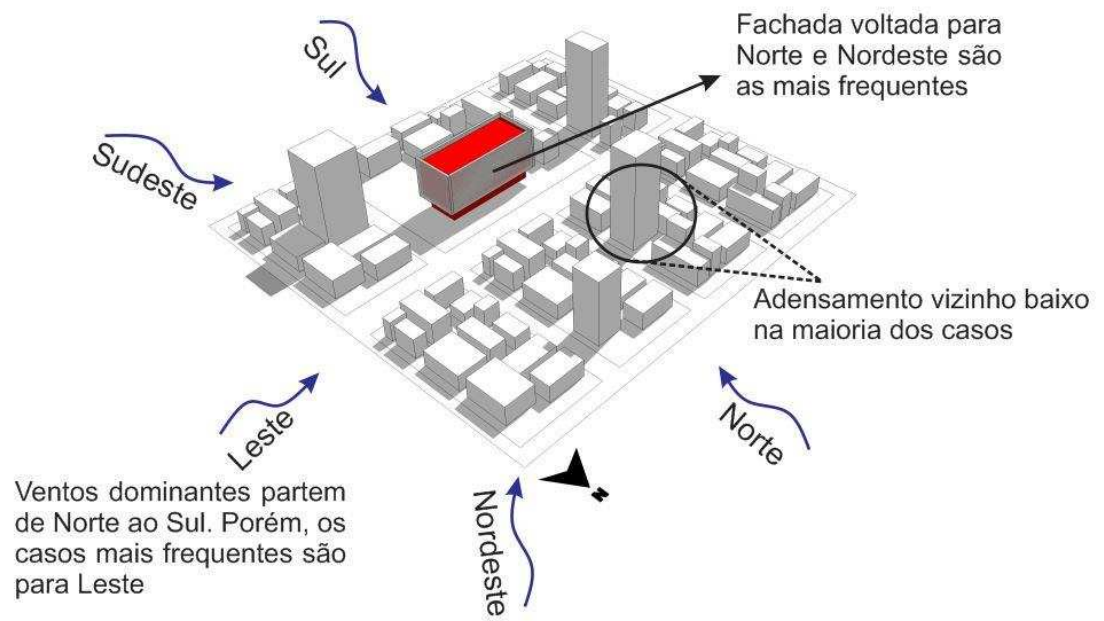


Figura 38 – Características mais frequentes no entorno de edifícios com fachadas duplas
Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as reflexões e conclusões desse trabalho, revendo a pergunta principal, os objetivos, as limitações e contribuições da pesquisa e ao final apresenta algumas recomendações para trabalhos futuros.

5.1 REFLEXÕES

A questão que direcionou a investigação dessa pesquisa tentou apontar **como as fachadas duplas caracterizam-se no Brasil, e entender qual sua principal função para o clima brasileiro**. Buscou mais especificamente, apontar a possibilidade da inserção de outros materiais que estão sendo considerados como a segunda pele da fachada dupla, assim como identificar as suas configurações técnicas.

Para isso, foi necessário: realizar revisão de literatura a respeito de temas relacionados à fachada dupla e ao clima brasileiro a fim de entender a teoria que embasaria as conclusões; encontrar e pesquisar edifícios que empregaram esse sistema no Brasil, através de estudos de casos, a fim de identificar as características do sistema e verificar os materiais que estão sendo utilizados como segunda pele da fachada dupla; verificar a percepção dos usuários em relação as condições ambientais nos edifícios brasileiros com fachada dupla; e interpretar as informações coletadas, cruzando dados para responder à questão problema e atender aos objetivos.

A pesquisa mostrou que apesar das fachadas duplas serem bastante difundidas em países com temperaturas amenas, em climas tropicais como o do Brasil, esse sistema também tem sido muito utilizado nos últimos anos. No Brasil, além da utilização da fachada dupla convencional de vidro, outros 6 tipos diferentes de materiais têm sido considerados para essa segunda pele em edifícios, são elas: chapa metálica, membrana têxtil, madeira, concreto polímero, vergalhão de aço e os cabos de aço inox.

O mapeamento realizado no território brasileiro identificou 26 edifícios, em diferentes regiões e cidades brasileiras, que apresentaram uma grande variedade construtiva de fachadas duplas. As regiões que mais concentram a utilização de fachadas duplas foram a Sul, Sudeste e Centro-Oeste, com destaque para a região Sudeste, que apresenta o maior número de edifícios, e maior diversidade de materiais empregados nesse sistema.

Além disso, notou-se que os edifícios estudados geralmente são projetados com preocupações relacionadas a desempenho térmico que buscam alcançar a certificação LEED. No entanto, foi observado que esse sistema é caracterizado no Brasil com uma segunda pele, atuando, principalmente, como elemento para sombreamento e proteção do edifício, onde os materiais mais utilizados são frequentemente opacos, variando apenas nas texturas, cor e permeabilidade visual da superfície.

Embora a maioria dos casos tenha apresentado a fachada dupla como elemento para sombreamento, as características do sistema se assemelham com a classificação de fachadas duplas que foram expostas no Capítulo 2. Porém, cabe a outros estudos investigar o potencial desse sistema empregando outros materiais para verificar sua eficiência.

A configuração da fachada dupla mais usada no Brasil é a de múltiplos pavimentos formada geralmente por painéis fixados a uma estrutura metálica leve, quase imperceptível pelo lado externo. Essa solução ajuda reduzir as cargas sobre a estrutura, mas é preciso estar atento à qualidade da mão de obra na hora da aplicação. Foi visto na revisão de literatura que quando esse sistema é mal dominado, como em climas tropicais, pode gerar edifícios com grande desconforto térmico e alto consumo de refrigeração e manutenção.

As fachadas duplas mostraram ser um elemento muito flexível que permite a incorporação de tecnologias inteligentes e estratégias para melhorar a qualidade dos ambientes dos edifícios. Os painéis fotovoltaicos por exemplo, podem ser inseridos no interior dessas cavidades para fornecer energia elétrica para o uso das atividades exercidas no edifício. E o uso da vegetação no interior da cavidade ajuda a formar uma barreira contra os ventos fortes, cria um microclima agradável melhorando a qualidade do ar, além de ajudar a reter a poeira que está em suspensão no ar.

5.2 REVISÃO DOS OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é caracterizar como são projetadas as fachadas duplas no clima brasileiro. Conclui-se que esse sistema é caracterizado como uma segunda pele, que atua principalmente como elemento para sombreamento e proteção do edifício. Os materiais mais utilizados nesse contexto climático como já foram citados anteriormente são, geralmente opacos, variando apenas em texturas, cor e a permeabilidade visual da superfície. Porém, notou-se que esse sistema tem sido replicado no Brasil em busca de estética para os edifícios, muitas vezes sem se preocupar com as condicionantes locais onde são implantados como, o vento e a insolação.

Entende-se que o objetivo foi atendido ao concluir, com base nos dados apresentados anteriormente, que esse sistema representa uma função diferente no contexto climático brasileiro e busca como alternativa ao clima outros tipos de materiais para a segunda pele da fachada dupla.

Os objetivos específicos também foram atendidos. Foi realizada revisão de literatura envolvendo os assuntos recorrentes ao tema, fachada dupla. Esta revisão influenciou no entendimento do conceito e configuração das fachadas duplas, como entender o contexto climático do Brasil.

Para encontrar os materiais e tipos de configurações usadas para a fachada dupla no contexto climático brasileiro, foram realizados estudos de casos múltiplos com o apoio da pesquisa eletrônica para o mapeamento desses edifícios. Com isto, foi possível encontrar os 26 edifícios que foram estudados e explorar como estão sendo projetados. Esta busca permitiu identificar os materiais, configurações, características do edifício, assim como o entorno em que estão inseridos. Percebeu-se que as características do sistema se assemelham com a classificação de fachadas duplas que foram expostas na revisão, porém, além da utilização da fachada dupla convencional de vidro, outros 6 tipos diferentes de materiais têm sido considerados para essa segunda pele em edifícios.

Para reforçar o estudo de caso e obter algumas informações técnicas desse sistema em edifícios brasileiros, a visita de campo foi realizada em dois edifícios com materiais diferentes, vidro e chapa metálica. Nesta visita, questionários foram aplicados em usuários que trabalham no espaço que contém fachada

dupla, a fim de obter algumas respostas em relação às condições ambientais que esse sistema oferece. Neste aspecto foram relatados alguns pontos do sistema, como:

Controle de ruídos: tanto para a fachada de vidro como a de chapa metálica, os usuários responderam que esse sistema não está ajudando a reduzir os ruídos provenientes do exterior. Porém, vale destacar que essas fachadas apresentavam uma configuração que não é isolante ao ar exterior, o que pode resultar em algumas variações nas condições internas.

Visibilidade externa: embora a maioria dos usuários tenha afirmado que não sente nenhum incômodo com a presença do sistema na área externa, alguns relataram que sentem desconforto em estarem fechados nesse ambiente com fachada dupla.

Utilização da ventilação natural: apesar desses edifícios apresentarem possibilidade de abertura das janelas internas que permitem a entrada de ventilação natural para os ambientes dos edifícios, o uso de ar-condicionado se faz presente em todos os casos. Os usuários afirmam que mesmo possuindo uma boa ventilação natural, o uso do ar-condicionado é frequente.

Utilização da iluminação natural: um dos benefícios da fachada dupla é possibilitar a iluminação natural para os ambientes internos, porém, os usuários afirmam que não conseguem trabalhar nesses espaços sem a iluminação artificial.

5.3 RESUMO DOS ACHADOS

Após a discussão dos resultados, é possível extrair algumas conclusões gerais acerca do estudo realizado:

- A maioria dos edifícios estudados com fachada dupla no Brasil, são de uso corporativo e estão distribuídos até 11 pavimentos, porém, os casos mais frequentes são de 2 a 3 pavimentos. Geralmente são edifícios com uma volumetria mais horizontal, traços limpos e preocupados com a sustentabilidade.
- A grande maioria dos casos mostrou a possibilidade do controle do usuário para aberturas das janelas, e mais de 90% dessas superfícies são envidraçadas. Essas áreas envidraçadas aparecem na maioria dos casos

com o vidro incolor laminado em esquadrias de *maxim-ar* e portas de correr.

- A configuração de múltiplos pavimentos é a mais utilizada entre os casos encontrados, e a cavidade mais frequente entre elas apresenta dimensões de 0,50 m a 1,20 m. É possível que essa largura seja adotada por conta do espaço necessário que as janelas em *maxim-ar* exigem para abertura, como também para a circulação da manutenção das fachadas.
- Em nenhum caso foi implantado algum tipo de dispositivo de sombreamento interno, sendo que as grelhas de circulação nas cavidades das fachadas poderiam servir de apoio para diretrizes que possibilitem que o edifício responda da melhor forma possível às solicitações variáveis do ambiente exterior.
- A chapa metálica é o material mais utilizado entre os casos estudados, onde geralmente aparecem na cor branca e com painéis perfurados. Esses painéis são fixados em uma estrutura metálica e encostados um ao lado do outro, onde juntos formam uma única pele sem possibilidade de aberturas. Além de ser um dos mais utilizados no Brasil, esse material possui melhor resistência e menor manutenção do que o vidro.
- Existe uma predominância de cores claras em quase todos os fechamentos exteriores, o que colabora para o desempenho térmico ao refletir o máximo de incidência de radiação e conseqüentemente, diminuir a transmissão de calor para o interior do edifício. Porém, alguns dos casos apresentados adotaram a cor natural do material, tons mais escuros.
- Quanto ao tipo de ventilação usada nesses edifícios, verificou-se que grande maioria usa a ventilação natural aliada à climatização artificial. A ventilação natural ocorre geralmente pelas frestas que existem na superfície do material, ou pela base, laterais e topo da fachada dupla.
- Em relação ao adensamento local que foram inseridos esses edifícios, observou-se que geralmente eles localizam-se em recintos urbanos com adensamento baixo, livre de edificações altas ao seu redor. Alguns casos como os localizados em cidades com altas temperaturas durante o dia, seria conveniente buscar diretrizes para o sombreamento através de edificações vizinhas ou com vegetações.

- A maioria dos edifícios apresentam mais de uma superfície com fachada dupla, porém, a fachada Norte e Nordeste aparecem com mais frequência, sendo que Norte é uma das melhores orientações segundo a revisão de literatura. Além disso, poucos casos coincidiram essas fachadas com os ventos dominantes do local, que se concentram mais ao Leste. Segundo a revisão de literatura a orientação perpendicular a essa orientação colabora para o fluxo de ar dentro da cavidade.
- Em regiões com variações muito altas de temperatura durante o dia e muito baixas durante a noite, não é recomendável grandes aberturas de janelas para o uso de ventilação cruzada, pois os ventos externos estariam muito quentes durante o dia e durante a noite muito frios. Assim, a inércia térmica dos materiais aplicados em edifícios nessas condições deve ser elevada para amortecer o calor recebido durante o dia.
- Por apresentar várias configurações (geometria, ventilação, e percurso do fluxo de ar na cavidade) fazem as fachadas duplas serem um elemento muito versátil adequando-as muito bem ao conceito de “fachada inteligente” visto no Capítulo 2.

5.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Como resultado, este trabalho não apresenta conclusões em relação à eficiência das fachadas duplas em si, mas mostra um caminho para que outros pesquisadores desenvolvam trabalhos com objetivos semelhantes através dos edifícios e materiais que foram encontrados no Brasil.

As principais limitações no desenvolvimento desta pesquisa estão relacionadas a falta de recursos e tempo para poder fazer visita técnica de campo em cada edifício que foi encontrado no território brasileiro. Apesar dos resultados obtidos com a pesquisa eletrônica terem atendido aos objetivos propostos, isso possibilitaria obter informações técnicas com maior confiabilidade.

Uma das intenções em usar a NBR 15220 referente ao zoneamento bioclimático brasileiro era encontrar pelo menos um edifício em cada uma das 8 zonas bioclimáticas, pois isso daria mais possibilidades de comparação entre os casos. No entanto, em 2 zonas não foram encontrados nenhum edifício com fachada dupla.

Outra intenção, era obter um número maior de questionários aplicados aos usuários que trabalham nesses edifícios. Mesmo com o apoio da plataforma *Google Drive* para envio dos questionários, não foi possível atingir o número desejado. Somente na visita de campo os usuários responderam e mesmo assim os resultados foram poucos.

5.5 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

Devido à falta de informação relacionada a esse tipo de fachada inserida na arquitetura brasileira, esta pesquisa amplia as possibilidades e estimula outras avaliações sobre o tema. Acredita-se que o conhecimento mais aprofundado das características desse sistema ajudará nas diretrizes para se projetar em climas quentes como o do Brasil. Com essas e outras avaliações será possível propor fachadas duplas cada vez mais adequadas a climas tropicais.

5.6 INDICAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No desenvolvimento desta pesquisa observaram-se outras possibilidades de avaliações que podem ser exploradas para maior compreensão da aplicação de fachadas duplas em climas quentes. A seguir são listadas algumas sugestões de trabalhos que podem colaborar com o conhecimento dessa área:

- Ampliar e atualizar o número de casos existentes com fachada dupla no Brasil, visando encontrar outros materiais e configurações desse sistema.
- Ampliar o número de resultados com questionários aplicados em usuários que trabalham no espaço que tem fachada dupla;
- Verificar o potencial da fachada dupla dentro das 8 zonas bioclimáticas, inserindo os materiais que foram identificados neste estudo, por meio de simulação computacional;
- Verificar o potencial de fachadas duplas como *Retrofit* em edifícios existentes e obsoletos no Brasil;

REFERÊNCIAS

ALBERTO, A. F. C. **Simulação e estudo paramétrico de fachadas de dupla pele utilizando o programa designbuilder**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2015. 150 p.

ALBERTO, A; RAMOS, N. M. M; ALMEIDA, R. M. S. F. Parametric study of double-skin façades performance in mild climate countries. **Journal of Building Engineering**, 12, 87–98, 2017.

ARCHDAILY. **Centro Paula Souza**. 2015. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/769776/paula-souza-center-spadoni-aa-plus-pedro-taddei-arquitetos-associados>> Acesso em: 05 jul. 2017.

_____. **Malhas GKD**. Produtos. Tecidos Metálicos. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/catalog/br/products/3468/malhas-gkd-hunter-douglas-brasil>> Acesso em: 05 jul. 2017.

_____. **Museu Exploratório de Ciências da Unicamp**: Primeiro Prêmio Concurso Internacional. 2011. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/01-10910/museu-exploratorio-de-ciencias-da-unicamp-primeiro-premio-concurso-internacional-corsi-hirano-arquitetos>> Acesso em: 17 out. 2017.

_____. **OXI**: Luiz Volpato ARQ. Projetos. Edifícios de Escritórios. 2014. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/757642/oxi-io-arquitetura>> Acesso em: 05 jul. 2017.

_____. **Primeiro Lugar no Concurso Nacional de Arquitetura**: Campus Igara UFCSPA / OSPA. Concurso. 2014. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/755359/primeiro-lugar-no-concurso-nacional-de-arquitetura-nil-campus-igara-ufcspa-ospa>> Acesso em: 10 jul. 2017.

_____. **Primeiro lugar no concurso para Nova Sede do Clube Curitibano**: Arqbox Arquitetura. Concurso. 2016. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/626215/primeiro-lugar-no-concurso-para-nova-sede-do-clube-curitibano-arqbox-arquitetura>> Acesso em: 21 out. 2017.

_____. **Sebrae MG**: Studio Prudencio. Projetos. (2016). Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/879617/sebrae-mg-studio-prudencio>> Acesso em: 20 out. 2017.

_____. **Sede da Triunfo**. Projetos. 2014. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/758533/sede-da-triunfo-io-arquitetura>> Acesso em: 10 jul. 2017.

_____. **Sede do SEBRAE**. Projetos. 2011. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/01-402/sede-do-sebrae-grupos>> Acesso em: 17 out. 2017.

ARCOWEB. **Agência Premium Nova Faria Lima**: Projeto Design. São Paulo. 2013. Disponível em: <<https://arcoweb.com.br/finestra-assinantes/arquitetura/collaco-e-monteiro-arquitetos-associados-agencia-premium-nova-faria-lima-sao-paulo-sp>> Acesso em: 15 out. 2017.

_____. **Confederação Nacional dos Municípios**: Mira Arquitetos. Projeto Design. Brasília. 2016. Disponível em: <<https://www.arcoweb.com.br/finestra/arquitetura/mira-arquitetos-confederacao-nacional-dos-municipios-brasilia>> Acesso em: 20 out. 2017.

_____. **Durabilidade e estilo fazem do aço opção para fachadas**. Revista Digital. Materiais e Soluções. Disponível em:

<https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/durabilidade-e-estilo-fazem-do-aco-opcao-para-fachadas_10444_10_0> Acesso em: 05 jul. 2017.

_____. **Edifício Gaia.** Projeto Design. São Paulo. 2015. Disponível em: <<https://www.arcoweb.com.br/finestra/arquitetura/techne-arquitetos-associados-edificio-gaia-sao-paulo-sp>> Acesso em: 15 out. 2017.

_____. **Espaço Santa Helena.** Projeto Design. São Paulo. 2008. Disponível em: <<https://arcoweb.com.br/projetodesign/arquitetura/jayme-lago-mestieri-loja-sao-21-10-2008>> Acesso em: 15 out. 2017.

_____. **Fachadas Duplas Contra o Sol do Cerrado.** Projeto Design. Goiânia. 2013. Disponível em: <<https://arcoweb.com.br/noticias/arquitetura/corsi-hirano-arquitetos-nishimura-edificio-institucional-goiania-13-02-2013>> Acesso em: 20 dez. 2016.

_____. **Restaurante Bossa:** Escritório Rosenbaum. Projeto Design. São Paulo. 2015. Disponível em: <<http://arcoweb.com.br/projetodesign/interiores/escritorio-rosenbaum-restaurante-bossa-sao-paulo>> Acesso em: 23 out. 2017.

_____. **Santa Luzia.** Projeto Design. Florianópolis. 2012. Disponível em: <<https://arcoweb.com.br/finestra-assinantes/arquitetura/idein-ideia-retrofit-laboratorio-santa-luzia-florianopolis>> Acesso em: 15 out. 2017.

_____. **Sede do CONFEA:** PPMS Arquitetos Associados. Projeto Design. Brasília. 2010. Disponível em: <<https://www.arcoweb.com.br/projetodesign/arquitetura/ppms-arquitetos-associados-sede-do-25-05-2011>> Acesso em: 21 out. 2017.

_____. **Sede do TJDF:** Siegbert Zanettini. Projeto Design. Brasília. 2011. Disponível em: <<https://www.arcoweb.com.br/finestra/arquitetura/siegbert-zanettini-sede-do-tjdft-brasilia>> Acesso em: 20 out. 2017.

ARKIN, H; PACIUK, M. "Evaluating intelligent buildings according to level of service systems integration." **Automation in Construction**, v. 6, n.5-6: p. 471-479, 1997.

ASADI, S; FAKHARI, M; FAYAZ, R; MAHDAVIPARSA, A. The effect of solar chimney layout on ventilation rate in buildings. **Energy and Buildings**. v. 123, p. 71-78, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações – Parte 3:** Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

BARBOSA, S. A. **Fachadas duplas em clima tropical de altitude:** Análise do potencial de ventilação para ambientes por meio de simulação computacional. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012. 117 p.

_____. **Thermal performance of naturally ventilated office buildings with double skin façade under Brazilian climate conditions.** Tese (Doutorado em Filosofia) University of Brighton, Brighton, 2015. 199 p.

BARBOSA, S. A; TIBÚRCIO, T. M. de S; CARLO, J. C; GUIMARÃES, Í. B. B. Method for using the Energyplus software to verify thermal performance of environments with double skin façade. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 4, p. 121-134, 2013.

BARBOSA, S; IP, K. Perspectives of double skin façades for naturally ventilated buildings: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 40, p. 1019-1029, 2014.

BARBOSA, S; IP, K; SOUTHALL, R. Thermal comfort in naturally ventilated buildings with double skin façade under tropical climate conditions: The influence of key design parameters. **Energy and Buildings**, v. 109, p. 397-406, 2015.

BAROZZI, M; LIENHARD, J; ZANELLI, A; MONTICELLI, C. The sustainability of adaptive envelopes: developments of kinetic architecture. **Procedia Engineering**, v. 155, p. 275-284, 2016.

BLANCO, J. M; BURUAGA, A; ROJÍ, E; CUADRADO, J; PELAZ, B. Energy assessment and optimization of perforated metal sheet double skin façades through Design Builder; A case study in Spain. **Energy and Buildings**, v. 111, p. 326-336, 2016.

_____. Investigating the thermal behavior of double-skin perforated sheet façades: Part A: Model characterization and validation procedure. **Building and Environment**, v. 82, p. 50-62, 2014.

BLOMSTERBERG, Å. Best Practice for Double Skin Façades: WP5 Best Practice Guidelines. **Energy and Building Design**, University of Lund, 2007.

BRAHAM, W. W. **Active glass Walls: A Typological and Historical Account**. AIA Convention, Las Vegas, 2005. Disponível em: <http://works.bepress.com/william_braham/2/> Acesso em: 15 nov. 2016.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 9.800 de 03 de janeiro de 2000**: Sobre o Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo no Município de Curitiba. Legislação Municipal. Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba.

_____. **Decreto-Lei nº 16.050 de 31 de julho de 2014**: Aprova a Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo e revoga a Lei nº 13.430/2002. São Paulo: Prefeitura Municipal de São Paulo.

CAPELUTO, I. G. Energy performance of the self-shading building envelope. **Energy and Buildings**, v. 35, n. 3, p. 327-336, 2003.

CAVALCANTE, L. J. P; ANTUNES, M. T. P; NETO, O. R. de M; PELEIAS, I. R. Estudos de caso e sua aplicação: proposta de um esquema teórico para pesquisas no campo da contabilidade. **Revista de Contabilidade e Organizações**, v. 6, n. 14. São Paulo, 2012.

CONCURSOS de Projeto. **Complexo Trabalhista do TRT**. Goiânia. Portal e Revista eletrônica. 2013. Disponível em: <<https://concursosdeprojeto.org/2013/01/14/complexo-trabalhista-do-trt-goiania/>> Acesso em: 02 jan. 2017.

CREMERS, J. M. High Performance Lightweight Building Envelopes Made of Foils and Textiles. In: **Lightweight Landscape**. Springer International Publishing, 2016. p. 39-48.

CROOME, D. C. **Building Environment, architecture and people**. In: (Org.). Intelligent Buildings: Design, Management and operation. Cornwall: MGP Books, Lta, 2004. cap.3.

FINESTRA. **Fachada Ventilada de Concreto Polímero**. MIS/RJ. 96. ed. 2016. Disponível em: <<https://arcoweb.com.br/finestra/arquitetura/mis-rj-fachada-ventilada-de-concreto-polimero>> Acesso em: 05 jul. 2017.

_____. **Museu da Imagem e do Som**. Diller Scofidio + Renfro. Rio de Janeiro. 88. ed. 2014. Disponível em: <<https://arcoweb.com.br/finestra/design/diller-scofidio-renfro-museu-imagem-som-rio-janeiro-2014>> Acesso em: 23 out. 2017.

FREITAS, de E. **Clima brasileiro**. Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/brasil/clima-brasileiro.htm>>. Acesso em: 30 nov. 2016.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 8. ed. Nobel, São Paulo, 2007. 243 p.

GALERIA da Arquitetura. **Brasiliana, um presente para a nação**. Projeto. 2016. Disponível em: <https://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/eduardo-de-almeida-arquitetos_mindlin-loebdotto-arquitetura_/biblioteca-brasiliana/227> Acesso em: 06 out. 2017.

_____. **Construção silenciosa**. Projeto. 2015. Disponível em: <https://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/bernardes-arquitetura_/edificio-anibal/2670> Acesso em: 18 out. 2017.

_____. **Corporate Jardim Botânico**. Projeto. 2013. Disponível em: <http://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/baggio-e-schiavon_/corporate-jardim-botanico/3257> Acesso em: 15 out. 2016.

_____. **Identidade pedagógica**. Projeto. 2014. Disponível em: <https://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/base-urbana_kipnis-arquitetos-associados_pessoa-arquitetos_/escola-vera-cruz/3394> Acesso em: 15 set. 2017.

_____. **Moderno e sustentável**. Projeto. 2009. Disponível em: <https://m.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/eduardo-de-almeida-arquitetos_siaa-shundi-iwamizu-arquitetos-associados_/empresa-de-sofware-de-gerencia/194> Acesso em: 15 set. 2017.

_____. **Projeto combinado**. Projeto. 2016. Disponível em: <https://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/mira-arquitetos_/nova-sede-da-confederacao-nacional-dos-municipios/1199> Acesso em: 20 out. 2017.

_____. **Sustentabilidade em Primeiro Lugar**. Projetos. 2013. Disponível em: <http://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/baggio-e-schiavon_/corporate-jardim-botanico/3257> Acesso em: 12 dez. 2016.

GHAFFARIANHOSEINI, Ali; GHAFFARIANHOSEINI, Amirhosein; BERARDI, U; TOOKEY, J; LI, D. H. W; KARIMINIA, S. Exploring the advantages and challenges of double-skin façades (DSFs). **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 60, p. 1052-1065, 2016.

GIVONI, B. "Comfort, climate analysis and building design guidelines". **Energy and Building**. Vol.1, 1992. p.11-23.

GOPPERT, K; PAECH, C. High-performance materials in façade design. **Steel Construction**, v. 8, n. 4, p. 237-243, 2015.

GRATIA, E; De HERDE, A. Is day natural ventilation still possible in office buildings with a double-skin façade. **Building and Environment**, v. 39, n. 4, p. 399-409, 2004.

_____. The most efficient position of shading devices in a double-skin façade. **Energy and Buildings**, v. 39, n. 3, p. 364-373, 2007.

GRYNNING, S; TIME, B; MATUSIAK, B. Solar shading control strategies in cold climates—Heating, cooling demand and daylight availability in office spaces. **Solar energy**, v. 107, p. 182-194, 2014.

HAASE, M; Da SILVA, F. M; AMATO, A. Simulation of ventilated façades in hot and humid climates. **Energy and Buildings**, v. 41, n. 4, p. 361-373, 2009.

HUNTER, D. **Controle Solar: Telas Metálicas**. Disponível em: <<http://www.hunterdouglas.com.br/ap/br/linea/control-solar/telas-metalicas-gkd/cq-gkd>> Acesso em: 05 jul. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**. 2017. Disponível em: < <http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-territorio/brasil-no-mundo.html>> Acesso em: 30 mai. 2017.

_____. **População**. 2015. Disponível em: <<http://paises.ibge.gov.br/#/pt/pais/brasil/info/populacao>> Acesso em: 30 mai. 2017.

_____. **Síntese**. 2017. Disponível em: <<http://paises.ibge.gov.br/#/pt/pais/brasil/info/sintese>> Acesso em: 30 mai. 2017.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Analysis Bio**. Downloads. Softwares. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/software/analysis-bio>> Acesso em: 05 mar. 2017.

LEE, E; SELKOWITZ, S; BAZJANAC, V; INKAROJRIT, V; KOHLER, C. **High-Performance Commercial Building Façades**. Building Technologies Program, Environmental Energy Technologies Division, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), University of California, Berkeley, USA, 2002. Disponível em: <<http://eetd.lbl.gov/sites/all/files/publications/lbnl50502.pdf>> Acesso em: 26 out. 2015.

LOU, W; HUANG, M; ZHANG, M; LIN, N. Experimental and zonal modeling for wind pressures on double-skin façades of a tall building. **Energy and Buildings**, v. 54, p. 179-191, 2012.

MAININIA, A. G; POLIA, T; ZINZIB, M; SPERONIA, A. Spectral light transmission measure of metal screens for glass façades and assessment of their shading potential. **Energy Procedia**, v. 48, p. 1292-1301, 2014.

MAZZAROTTO, A. C. E. **Uso do sistema de fachadas duplas ventiladas em edifícios em Curitiba**. Verificação computacional de desempenho comparativo com soluções convencionais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2011. 263 p.

MESSIAS, A. F. **Edifícios Inteligentes: A domótica aplicada à realidade brasileira**. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2007. 57 p.

MINIOLI, A. R. B. **Chapas metálicas perfuradas para proteção solar**. Avaliação do desempenho térmico e luminoso. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de São Paulo, 2014. 140 p.

MONNA, S; MASERA, G. Effects of Tall Office Building Envelope Technologies and Design Strategies on Comfort and Energy Consumption in Hot, Arid Climate. In: TG66-Special Track 18th CIB 2010 World Congress May 2010. **Proceedings...** Salford, United Kingdom. 2010. p. 227.

MULTIFUROS. **Chapas Perfuradas**. Produtos. 2015. Disponível em: < <https://www.multifuros.com.br/chapas-perfuradas/>> Acesso em: 05 jul. 2017.

NASROLLAHI, N; SALEHI, M. Performance enhancement of double skin façades in hot and dry climates using wind parameters. **Renewable Energy**, v. 83, p. 1-12, 2015.

NEVES, L; RORIZ, M. Procedimentos estimativos do potencial de uso de chaminés solares para promover a ventilação natural em edificações de baixa altura. **Ambiente Construído**. v.2, n.1, p. 177-192, 2012.

NUNES, R; SERRO, C. **Edifícios Inteligentes-Conceitos e Serviços**. Departamento de Engenharia Eletrônica e de Computadores (DEEC) do Instituto Superior Técnico

(IST), Lisboa, 2005. Disponível em: <http://domobus.net/ei_docs/edif_int.pdf> Acesso em: 02 jun. 2016.

OCHOA, C. E; CAPELUTO. I. G. Advice tool for early design stages of intelligent façades based on energy and visual comfort approach. **Energy and Buildings**, v. 41, n. 5, p. 480-488, 2009.

OESTERLE, L; LUTZ, H. **Double-skin façades, Integrated Planning**. Munich. 2001.

PAECH, C. Structural Membranes Used in Modern Building Façades. **Procedia Engineering**, v. 155, p. 61-70, 2016.

PAJCHROWSKI, G; NOSKOWIAK A; LEWANDOWSKA A; STRYKOWSKI, W. Wood as a building material in the light of environmental assessment of full life cycle of four buildings. **Construction and Building Materials**, v. 52, p. 428-436, 2014.

PAPPAS, A; ZHAI, Z. Numerical investigation on thermal performance and correlations of double skin façade with buoyancy-driven airflow. **Energy and Buildings**, v. 40, n. 4, p. 466-475, 2008.

PELAZ, B; BLANCO, J. M; CUADRADO, J; EGILUZ, Z; BURUAGA, A. Analysis of the influence of wood cladding on the thermal behavior of building façades; characterization through simulation by using different tools and comparative testing validation. **Energy and Buildings**, v. 141, p. 349-360, 2017.

PINI. **Fachadas do Edifício Cidade Nova receberam dupla pele de vidro para obter conforto térmico**. Mercado Imobiliário. 2008. Disponível em: <<http://piniweb.pini.com.br/construcao/mercado-imobiliario/fachadas-do-edificio-cidade-nova-receberam-dupla-pele-de-vidro-87053-1.aspx>> Acesso em: 05 mar. 2016.

POIRAZIS, H. **Double Skin Façades for Office Buildings: Literature Review Report**. 2004. Disponível em: <<http://archiglass.nethouse.ru/static/doc/0000/0000/0211/211331.qk1es137bl.pdf>> Acesso em: 25 mar. 2016.

RADHI, H; SHARPLES, S; FIKIRY, F. Will multi-façade systems reduce cooling energy in fully glazed buildings? A scoping study of UAE buildings. **Energy and Buildings**, v. 56, p. 179-188, 2013.

SACHT, H. M; BRAGANÇA, L; ALMEIDA, M; CARAM, R. Sistemas de fachadas inovadores e conforto térmico: estudo em Portugal. **Revista Tecnológica**, v. 21, n. 1, p. 13-25, 2012.

SARB, A; BRAD, S; STAN, O; PLUGARU, S. "Management innovation in designing buildings: from sustainable and intelligent buildings to inclusive buildings. A survey." Acta Technica Napocensis: **Civil Engineering & Architecture**, v. 58, n.1, p. 24-41, 2015.

SHAMERI, M. A; ALGHOUL, M. A. SOPIAN, K; ZAIN, M. F. M; ELAYEB, O. Perspectives of double skin façade systems in buildings and energy saving. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 3, p. 1468-1475, 2011.

SIQUEIRA, A. A. **Tecnologia de Fachada-Cortina com Placas de Grês Porcelanato**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP. 2003. 220 p.

SO, A.T; CHAN, W. L. **Intelligent building systems**. v. 5. Springer Science & Business Media, 2012.

STAZI, F; MARINELLI, S; PERNA, Di C; MUNAFO, P. Comparison on solar shadings: Monitoring of the thermo-physical behaviour, assessment of the energy saving, thermal

comfort, natural lighting and environmental impact. **Solar Energy**, v. 105, p. 512-528, 2014.

TIBÚRCIO, T. M. de S. **The impact of high-tech learning environments on pupils' interactions**. Tese de Doutorado. The University of Reading, UK, 2008.

TIBÚRCIO, T. M. de S.; PIERONI, N. F. O Edifício de Escritórios Inteligente: Mapeamento das Tecnologias e Sistemas Inteligentes, da Concepção a Automação do Edifício. In: ENTAC 2012. **Anais...Juiz de Fora**, 2012.

TIBÚRCIO, T. M. de S; BARBOSA, S. A. Estudo de configurações de aberturas para ventilação natural em fachadas inteligentes. In: ENTAC 2012. **Anais...Juiz de Fora**, 2012.

TIBÚRCIO, T. M. de S; SILVA, I. C. C; MORAES, A. P. Produto e processo: abordagens conceituais sobre edificações e construções inteligentes e sustentáveis. In: ELECS 2011. **Anais...Vitória**, 2011.

ULMA. **Architectural Solutions**. Fachadas ventiladas. Disponível em: <<http://www.ulmaarchitectural.com/br/fachadas-ventiladas/info-geral/o-que-e-uma-fachada-ventilada/>> Acesso em: 05 jul. 2017.

VAREJÃO, S. M. A. **Meteorologia e climatologia**. Recife: INMET, 2006. Versão Digital 2. Disponível em: <http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf> Acesso em: 02 fev. 2017.

VOORDT, T. J. M. der V; WEGEN, H. B. R. V. **Arquitetura sob o olhar do usuário: programa de necessidades, projeto e avaliação de edificações**. Tradução de Maria Beatriz de Medina. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

YILMAZ, Z; CETINTAS, F. Double skin façades effects on heat losses of office buildings in Istanbul. **Energy and Buildings**, v. 37, n. 7, p. 691-697, 2005.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. Bookman editora, 2015.

ZHANG, T; TAN, Y; YANG, H; ZHANG, X. The application of air layers in building envelopes: A review. **Applied Energy**, 165, 707–734. 2016.

ZHOU, J; CHEN, Y. A review on applying ventilated double-skin façade to buildings in hot-summer and cold-winter zone in China. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 4, p. 1321-1328, 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A. Termo de consentimento livre e esclarecido

APÊNDICE B. Questionário

APÊNDICE C. Entrevista

APÊNDICE A
Termo de consentimento livre e esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr (a) está sendo convidado (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa “**Caracterização de Fachadas Duplas no Brasil**” coordenada pelo Prof. Tulio Márcio de Salles Tibúrcio, PhD do departamento de Arquitetura e Urbanismo, tendo como pesquisadora a estudante de mestrado Débora Mela. O objetivo geral desse trabalho é caracterizar os materiais utilizados em fachadas duplas no Brasil.

Em caso de dúvida o senhor (a) poderá entrar em contato com o Prof. Tulio Márcio de Salles Tibúrcio, PhD, coordenador da pesquisa, no Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Viçosa – DAU/UFV, na Av. P.H.Rolfs, s/n, ou pelo telefone (31) 3899-2744, ou então por e-mail: tmst83@hotmail.com

Caso tenha interesse em receber os resultados dessa pesquisa preencha os seguintes dados:

() Não tenho interesse de receber os resultados. Tenho interesse de ter as informações.

Nome: Denize Noguchi Telefone: 41 2117 8890

Email: DENIZE.NOGUCHI@RESTRUIUNFO.COM

Declaro que fui informado (a) dos objetivos e condições da pesquisa “**Caracterização de Fachadas Duplas no Brasil**” de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sendo assim, autorizo de livre e espontânea vontade minha participação no estudo.

Viçosa, 07 de Julho de 2017.

Prof. Tulio Márcio de Salles Tibúrcio, PhD
Coordenador da Pesquisa

Débora Mela
Pesquisadora

Participante

APÊNDICE B

Questionário



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO



Título da Pesquisa: **CARACTERIZAÇÃO DE FACHADAS DUPLAS NO BRASIL**

Coordenador e Orientador: Professor Túlio Márcio de Salles Tibúrcio, PhD.

Executor da Pesquisa: Débora Mela.

Local da pesquisa: Construtora Triunfo, Curitiba-PR.

Número de identificação do questionário: _____

QUESTIONÁRIO SOBRE A PERCEPÇÃO DO USUÁRIO EM ESPAÇOS COM A PRESENÇA DE FACHADAS DUPLAS

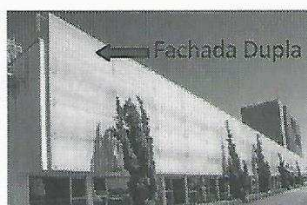


Foto da fachada dupla

1. Qual atividade você exerce nesse ambiente?

Administrativa

2. Por quanto tempo você fica nesse ambiente?

() Somente de manhã

() Somente de tarde

Período integral (manhã e tarde)

Somente de noite

3. O local que você senta para trabalhar, setoriza-se em que parte desse ambiente?

Ao lado da janela com fachada dupla

No meio da sala

() Longe da janela que tem a fachada dupla

Em relação à fachada dupla (conforme a figura mostrada no início) assinale Sim ou Não para as questões abaixo

4. Existe algum protetor solar (brise, persiana ou vegetação) entre a fachada dupla e a janela?

Sim. Qual? Brise () Não () Não sei responder

5. A fachada dupla tem alguma janela que pode ser aberta?

Sim () Não () Não sei responder

6. As janelas do ambiente que você trabalha podem ser abertas?

Sim () Não () Não sei responder

* Desconsidere as questões 7 e 8 se a anterior tiver sido negativa

7. Essas janelas contribuem na ventilação do ambiente?



Sim () Não () Não sei responder

8. As janelas são automáticas ou você mesmo pode abrir?

Sim () Não () Não sei responder

9. A fachada dupla ajuda reduzir o barulho que vem da área externa do edifício?

() Sim Não () Não sei responder

10. Como você considera a temperatura no ambiente de trabalho durante o inverno:

() Péssimo Ruim () Bom () Ótimo () Excelente () Não sei responder

11. Como você considera a temperatura no ambiente de trabalho durante o verão:

() Péssimo Ruim () Bom () Ótimo () Excelente () Não sei responder

12. Você consegue aproveitar a iluminação natural durante o dia?

- Sim, consigo aproveitar a iluminação natural em algumas horas do dia
() Sim, utilizo a iluminação natural junto com a iluminação artificial
() Não, pois não consigo trabalhar sem a iluminação artificial

13. A fachada dupla gera algum desconforto para você quanto à visão externa?

Sim () Não () Não sei responder

14. É preciso usar o ar condicionado durante as horas que você está trabalhando?

Sim () Não () Não sei responder

APÊNDICE C

Entrevista



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO



Título da Pesquisa: **CARACTERIZAÇÃO DO USO DE FACHADAS DUPLAS NO BRASIL**

Coordenador e Orientador: Professor Túlio Márcio de Salles Tibúrcio, PhD.
Executor da Pesquisa: Débora Mela.

ROTEIRO PARA ENTREVISTA

Entrevista com projetistas de arquitetura, consultores e construtoras/incorporadoras visando obter mais informações sobre detalhamentos técnicos e funcionamento do sistema de fachadas duplas:

Nome:

Função na empresa ou relação com o projeto:

Quanto tempo está na empresa:

1. **Qual foi a intenção de utilizar a Fachada Dupla no edifício?**
 - a. Busca por alternativas que resultassem em melhoria do desempenho energético?
 - b. Por causa de alguma certificação?

2. **Quais foram os principais parâmetros para a elaboração do projeto da fachada dupla nesse edifício?**
 - a. Materiais, dimensões, afastamento...

3. **Antes do projeto ser aprovado e executado, houve algum tipo de estudo como simulação computacional para implementar a fachada dupla?**

4. **As condições do clima local buscaram atender ao sistema empregado?**

5. **O material escolhido e aplicado na fachada dupla teve alguma função de estratégia ambiental?**

6. Para a introdução desse sistema de fachadas foi necessária mão de obra especializada?

7. Em sua opinião, o mercado brasileiro já possui porte para atender esse tipo de serviço e com qualidade?

8. Você sugere algumas diretrizes para a elaboração de projetos com fachada dupla?

9. Você indicaria parâmetros para a execução/construção desse sistema no Brasil?

10. Houve alguma adequação no edifício na implementação da fachada dupla?

11. Gostaria de falar algo mais?

ANEXO A

Carta de apresentação



Programa de Pós-Graduação Mestrado em Arquitetura e Urbanismo

DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA



Viçosa, 26 de junho de 2017

À
Construtora Triunfo S/A
Curitiba PR

Prezado Sr(a),

Sirvo-me da presente para apresentar a aluna de mestrado **Débora Mela**, regularmente matriculada no programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa, bolsista FAPEMIG, sob minha orientação. Estamos desenvolvendo pesquisa na área de tecnologias em edifícios, onde estamos investigando edifícios com “Fachadas Duplas”. Esta pesquisa tem como objetivo de investigar a caracterização e uso de fachadas duplas no Brasil e questões de conforto para o usuário.

No momento, estamos analisando alguns estudos de casos e o edifício da Construtora Triunfo é um bom exemplo para este estudo. A aluna é do sul do país (Paraná) e estará viajando para Curitiba no dia 28 de junho, permanecendo na cidade por alguns dias. É muito importante para a pesquisa o acesso a informações que o permitam desenvolver seu trabalho. Solicitamos sua colaboração no sentido de permitir que a aluna possa fazer uma visita técnica acompanhada ao Edifício e buscar informações do edifício, assim como ter contato com pessoal envolvido na construção, operacionalização e manutenção do edifício via entrevista, para fins de subsídios práticos sobre o assunto estudado.

Solicito assim, permissão para que a citada estudante possa fazer uma visita técnica ao edifício e que possa fazer pequenas medições na fachada do edifício. Na visita técnica, com possível contato pessoalmente a aluna pode explicar melhor as necessidades da visita técnica.

Ressaltamos que as abordagens feitas na pesquisa possuem fins exclusivamente acadêmicos. Os dados coletados serão usados apenas para fins acadêmicos e o material produzido poderá ser disponibilizado caso seja de interesse.

Certo de sua compreensão, agradecemos antecipadamente.

Atenciosamente,

Prof. Túlio Tibúrcio

Coordenador e Orientador da Pesquisa
Coordenador do Programa de Pós-Graduação

ANEXO B

Carta autorização de uso do edifício

AUTORIZAÇÃO DE USO DO EDIFÍCIO DA RIO CLARO OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO LTDA

AUTORIZAÇÃO

Eu, "Denize Nagasaki", na qualidade de responsável pelo "**Edifício Rio Claro Operação e Manutenção Ltda**", autorizo a realização da pesquisa intitulada "**Caracterização de Fachadas Duplas no Brasil**" a ser conduzida sob a responsabilidade do pesquisador "**Prof. Tulio Márcio de Salles Tibúrcio, PhD**", e declaro, que este centro corporativo apresenta infraestrutura necessária á realização da referida pesquisa. Esta autorização só é válida no caso de haver parecer favorável do Comitê de Ética em pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa para referida pesquisa.

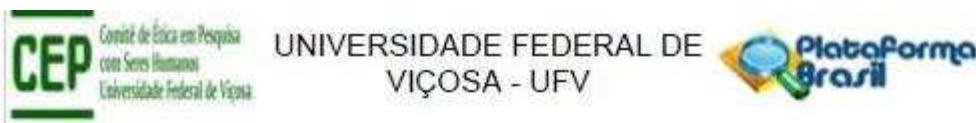
Viçosa, 07 de Julho de 2017.


Assinatura
Carimbo

RIO CLARO OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO LTDA
11.316.870/0001-90

ANEXO C

Aprovação na plataforma Brasil



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: CARACTERIZAÇÃO DO USO DE FACHADAS DUPLAS NO BRASIL

Pesquisador: TÚLIO MÁRCIO DE SALLES TIBÚRCIO

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 65893917.1.0000.5153

Instituição Proponente: Departamento de Arquitetura e Urbanismo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio
FUNDAÇÃO DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DE MINAS GERAIS

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.012.879

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto da área de Ciências Humanas

Objetivo da Pesquisa:

Investigar o uso das fachadas duplas no Brasil.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Desconforto durante a entrevista, mas o participante poderá solicitar o encerramento assim que desejar. Poderá também solicitar qualquer esclarecimento quando sentir necessidade e poderá interromper sua participação em qualquer momento, sem ônus de qualquer natureza. Poderá ainda retirar o consentimento, sem penalização, em qualquer etapa da pesquisa.

Possíveis contribuições: A pesquisa poderá contribuir para novas estratégias de melhorias dos edifícios que empregam essa tecnologia de fachadas duplas, visando realçar problemas percebidos pelos usuários que utilizam esse espaço de trabalho.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Para alcançar objetivos, serão realizadas 200 Entrevistas com projetistas de arquitetura, consultores e construtoras/incorporadoras e usuários sobre fachadas duplas (segunda pele de

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** oep@ufv.br

Continuação do Parecer: 2.012.879

vidro exposta na fachada).

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O pesquisador apresentou:

- Formulário online
- Folha de rosto
- TCLE
- Projeto de pesquisa
- Questionários

Termos adequadamente descritos.

Recomendações:

Quando da coleta de dados, o TCLE deve ser elaborado em duas vias, rubricado em todas as suas páginas e assinado, ao seu término, pelo convidado a participar da pesquisa ou responsável legal, bem como pelo pesquisador responsável, ou pessoa(s) por ele delegada(s), devendo todas as assinaturas constar na mesma folha.

Não é necessário apresentar os TCLEs assinados ao CEP/UFV. Uma via deve ser mantida em arquivo pelo pesquisador e a outra é do participante da pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Ao término da pesquisa é necessário apresentar, via notificação, o Relatório Final (modelo disponível no site www.cep.ufv.br). Após ser emitido o Parecer Consubstanciado de aprovação do Relatório Final, deve ser encaminhado, via notificação, o Comunicado de Término dos Estudos para encerramento de todo o protocolo na Plataforma Brasil.

Projeto aprovado autorizando o início da coleta de dados com os seres humanos a partir da data de emissão deste parecer.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_883264.pdf	17/03/2017 20:30:12		Aceito
Folha de Rosto	Folhaderosto1.pdf	17/03/2017	DEBORA MELA	Aceito

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-900
UF: MG Município: VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 E-mail: cep@ufv.br

Continuação do Parecer: 2.012.879

Folha de Rosto	Folhaderosto1.pdf	20:26:46	DEBORA MELA	Aceito
Orçamento	Custos.pdf	17/03/2017 20:24:09	DEBORA MELA	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	17/03/2017 20:19:47	DEBORA MELA	Aceito
Outros	Roteiro_de_entrevista.pdf	17/03/2017 11:28:57	DEBORA MELA	Aceito
Outros	Questionario.pdf	17/03/2017 11:28:17	DEBORA MELA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa.pdf	17/03/2017 11:27:51	DEBORA MELA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	17/03/2017 11:21:42	DEBORA MELA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

VICOSA, 12 de Abril de 2017.

Assinado por:

HELEN HERMANA MIRANDA HERMSDORFF
(Coordenador)

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-900
UF: MG Município: VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 E-mail: cep@ufv.br