

GESTÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

FELIPE JOSÉ MARQUES MESQUITA
(ORGANIZADOR)



GESTÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

FELIPE JOSÉ MARQUES MESQUITA
(ORGANIZADOR)



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Karine de Lima

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

G393 Gestão do ambiente construído [recurso eletrônico] / Organizador Felipe José Marques Mesquita. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.
 Modo de acesso: World Wide Web.
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-65-81740-00-9
 DOI 10.22533/at.ed.009201902

1. Construção civil – Brasil. 2. Engenharia civil. I. Mesquita, Felipe José Marques.

CDD 624

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Gestão do Ambiente Construído” publicada pela Atena editora apresenta, em seus 4 capítulos, abordagens científicas sobre construção civil, utilização de novas tecnologias, edificações sustentáveis e transporte. Os capítulos estão organizados de acordo com a abordagem dos trabalhos diversos que os compõe.

O capítulo 1 aborda um estudo comparativo entre o desempenho termoenergético de edifícios utilizando modelos de fachadas duplas de duas tipologias diferentes por meio de simulação dinâmica termoenergética.

O capítulo 2 apresenta estudo bibliográfico sobre a utilização de containers na construção civil, visando demonstrar as diferentes possibilidades de uso deste sistema construtivo, além de analisar o potencial de sustentabilidade e desempenho do ambiente construído.

O capítulo 3 explora o tema de certificações ambientais, contextualizando a criação do Selo Casa Azul, além de apresentar um estudo de caso onde a certificação foi empregada na construção de edificações sustentáveis.

Por fim, mas não menos importante, o capítulo 4 apresenta um estudo sobre a influência das chuvas no transporte público de São Paulo, utilizando-se de dados de pluviômetros e análise estatística, foi possível estabelecer uma relação entre os índices pluviométricos e a quantidade de passageiros transportados.

Ante ao exposto, agradecemos aos autores dos capítulos apresentados e esperamos que esta leitura seja proveitosa, contribuindo para reflexão e debate a respeito dos temas apresentados.

Felipe José Marques Mesquita

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
FACHADAS DUPLAS: DESEMPENHO TERMOENERGÉTICO DE ALTERNATIVAS DE PROJETO EM EDIFÍCIOS COMERCIAIS NO CONTEXTO CLIMÁTICO DE BRASÍLIA	
Thiago Montenegro Góes Cláudia David Naves Amorim Caio Frederico e Silva	
DOI 10.22533/at.ed.0092019021	
CAPÍTULO 2	21
O USO DE CONTAINERS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO DE CASO	
Ângliston Tainã Camilotti Bruno Luís Damineli Victor José dos Santos Baldan Alexandre Rodrigues Murari	
DOI 10.22533/at.ed.0092019022	
CAPÍTULO 3	31
SELO CASA AZUL: ENGENHARIA CIVIL E SUSTENTABILIDADE, UMA PARCERIA QUE PODE DAR CERTO	
Aldreen Calábria Soares Santos Ana Lúcia Torres Seroa da Motta Luiz Carlos Brasil de Brito Mello	
DOI 10.22533/at.ed.0092019023	
CAPÍTULO 4	48
INFLUÊNCIA DAS CHUVAS NO USO DE TRANSPORTE PÚBLICO: UM ESTUDO BASEADO NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO	
Maria Teresa Françoso Wilson Aparecido Sedano Filho	
DOI 10.22533/at.ed.0092019024	
SOBRE O ORGANIZADOR	60
ÍNDICE REMISSIVO	61

FACHADAS DUPLAS: DESEMPENHO TERMOENERGÉTICO DE ALTERNATIVAS DE PROJETO EM EDIFÍCIOS COMERCIAIS NO CONTEXTO CLIMÁTICO DE BRASÍLIA

Data de aceite: 14/02/2020

Thiago Montenegro Góes

Universidade de Brasília, Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo
Brasília – Distrito Federal
<https://orcid.org/0000-0002-5745-229X>

Cláudia David Naves Amorim

Universidade de Brasília, Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo
Brasília – Distrito Federal
<https://orcid.org/0000-0001-6769-1983>

Caio Frederico e Silva

Universidade de Brasília, Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo
Brasília – Distrito Federal
<https://orcid.org/0000-0001-8910-1841>

RESUMO: A construção civil possui grande impacto no meio ambiente e sob um paradigma mais sustentável há a necessidade de edificações com melhor desempenho e com menor dependência energética. Nesse sentido, as fachadas duplas representam soluções que visam contribuir especialmente à melhoria do desempenho energético das edificações. Neste contexto, esta pesquisa propõe-se a analisar o desempenho termoenergético do emprego de fachada dupla em edifícios verticais de uso comercial no clima de Brasília. Especificamente,

busca-se compreender a diferença do desempenho de fachadas duplas híbridas, com maior área opaca, em comparação com as tradicionais soluções de fachadas duplas altamente envidraçadas. Assim, investiga-se o impacto dos parâmetros projeto de fachada dupla no consumo energético do sistema de condicionamento, por meio da análise da carga térmica de resfriamento, especificamente os parâmetros orientação, largura da cavidade – em ambos tipos de fachada dupla – e taxa de permeabilidade da pele externa – somente na fachada dupla híbrida. A esse fim, realiza-se uma análise paramétrica com o uso de ferramentas de simulação termoenergética *EnergyPlus* versão 8.5 e da interface gráfica *DesignBuilder* versão 5.2. Os resultados indicam um desempenho superior da fachada dupla híbrida em relação as fachadas duplas envidraçadas. Inclusive, a fachada dupla envidraçada obteve desempenho inferior ao cenário de referência – com somente uma pele de vidro – na maioria das situações, o que indica a necessidade de grande cuidado no emprego deste tipo soluções de fachadas duplas no contexto climático de Brasília. A partir dos resultados percebe-se que a orientação norte é a mais indicada. Já a maiores largura da cavidade apresentaram melhores resultados para fachadas duplas envidraçadas, enquanto que para fachadas duplas híbridas este parâmetro não possui

variação significativa. Por sua vez, menores taxas de permeabilidade apresentaram desempenhos superiores. Nesse sentido, evidencia-se a relevância do impacto do sombreamento no desempenho termoenergético no contexto climático de Brasília.

PALAVRAS-CHAVE: Fachada dupla. Desempenho termoenergético. Simulação computacional. Análise paramétrica.

DOUBLE-SKIN FAÇADE: THERMOENERGETIC PERFORMANCE OF DESIGN ALTERNATIVES IN HIGHRISE COMMERCIAL BUILDINGS IN BRASILIA

ABSTRACT: The building sector has a great impact in the natural environment and under a more sustainable paradigm there is a need for buildings with better performance and a lower energy dependence. In this sense, double-skin façade represents a solution that aim to contribute especially to the improvement of building's energetic performance. In this context, this research purpose to analyze the double skin façade thermal energetic performance in commercial vertical buildings in Brasilia's climate. Specifically, it is sought to understand the performance difference between of hybrid and fully glazed double-skin facades. Therefore, it is investigated the impact of many double skin façade design parameters in the air condition energy consumption, via the thermal cooling load, specifically the parameters orientation, cavity width – for both types of double-skin façade – and the external skin permeability rate – only for hybrid double skin façade. To this end, it is carried out a parametric analysis with the aid of the building performance simulation tools EnergyPlus 8.5 and the graphical interface DesignBuilder 5.0. The results show a superior performance of the hybrid double-skin façade. Even more, the fully glazed double-skin façade had an inferior performance than the control scenario, with only one glass layer, in most of the circumstances, which shows the need for great caution when employing fully glazed double-skin facades in Brasilia. Also, the results indicate the north as the most suitable orientation for double-skin facades. As for the cavity width, wider ones performed better for fully glazed double-skin facades, but for the hybrid ones the variation was not significant. In its turn, lower permeability rates presented better performance. This evidences the shading importance in achieving a better thermoenergetic performance in Brasilia's climate.

KEYWORDS: Double-skin façade. Thermoenergetic performance. Building performance simulation. Parametric analysis.

1 | INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos principais setores responsáveis pela degradação ambiental — tanto na fase de construção quanto nas de operação e manutenção — com consumo de mais de 50% de toda a matéria-prima extraída da natureza (RUUSKA, HÄKKINEN, 2014). Na fase de operação, o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) aponta que as edificações consomem 32% de toda energia gerada no mundo somente, o que representa 19% das emissões de gases do efeito

estufa (LUCON *et al.*, 2014). Nos países desenvolvidos, esse consumo chega a 40% de toda a energia gerada, o que representa 70% de toda a energia elétrica produzida; no Brasil, esses valores correspondem a 14% e 47%, respectivamente (PESSOA *et al.*, 2013).

Para enfrentar esses problemas, há algumas iniciativas sobre eficiência energética nas esferas nacionais como os Programas de Etiquetagem PBEedifica e *EnergyStar*, e na esfera internacional como normas voluntárias – como *PassivHaus*, *Minergie*, entre outros. Contudo, essas iniciativas de eficiência energética possuem maior enfoque nos sistemas ativos da edificação, com menor consideração às estratégias passivas. Aspectos como forma, técnicas construtivas e materiais empregados estão estritamente ligados ao consumo energético das edificações (OLGYAY, OLGAYAY, 1963, NABONI *et al.*, 2015) e estão diretamente relacionados às decisões de projeto arquitetônico, desde os primeiros traços. Por exemplo, no contexto climático de Brasília, Costa (2018) aponta para a possibilidade de redução de até 40% do consumo energético em edifícios comerciais condicionados artificialmente somente por meio de conservação energética, com estratégias passivas.

Ademais, em grande parte a literatura e normas internacionais estão voltadas à realidade climática construtiva e cultural dos países centrais, em climas temperados e com processos construtivos mais industrializados. A transposição dessas práticas exógenas de projeto à realidade brasileira, por exemplo, negligencia diversos aspectos que poderiam favorecer – ou mesmo prejudicar – a obtenção de edificações de melhor desempenho.

A relação entre alta taxa de envidraçamento e condicionamento artificial traz a raiz da questão do consumo de energia e conseqüentemente do impacto ambiental das edificações. Neste sentido, fachadas duplas devem propiciar melhor desempenho térmico e lumínico dos sistemas de envidraçamento sem comprometer o emprego da pele envidraçada. Composta por duas peles de vidro separadas por uma cavidade de ar, possibilitam uma maior resistência térmica em comparação aos sistemas com somente uma pele de vidro. Além disso, a operação da cavidade e das aberturas das peles possibilita maior controle sobre o balanço do calor.

Apesar desse sistema de vedação ter sido desenvolvido inicialmente para climas temperados, mesmo nesse contexto climático há problemas de superaquecimento no verão (GRATIA, DE HERDE, 2007). Com a importação indiscriminada desse tipo de arquitetura à climas mais quentes, o superaquecimento tende a ser um problema ainda mais grave. Assim, há a necessidade de soluções de fachadas mais adequadas a essas realidades climáticas. Nesse sentido, Boake (2014) sugere uma fachada com uma segunda pele mais adequada às características bioclimáticas de climas mais quentes, a fachada dupla híbrida, que por possuir uma pele externa com maior permeabilidade ao vento e fechamento opaco melhor incorpora o sombreamento e a ventilação.

Desta forma, a presente pesquisa realiza uma comparação do desempenho termoenergético entre fachadas duplas tradicionais totalmente envidraçadas e híbridas

em edifícios comerciais no contexto climático de Brasília. A esse fim, realiza-se um estudo paramétrico para avaliar o impacto da orientação, largura da cavidade nos dois tipos de solução de fachada dupla, assim como a permeabilidade da pele somente nas fachadas duplas híbridas. À análise de desempenho, emprega-se o software de simulação dinâmica termoenergética *EnergyPlus* 8.5 por meio da interface gráfica *DesignBuilder* 5.0.

2 | FACHADAS DUPLAS

Fachadas duplas podem ser sinteticamente definidas por três elementos: duas fachadas cortina distantes entre si e uma cavidade intermediária entre elas, preenchida por ar (ARONS, 2000; BOAKE *et al.*, 2003; OESTERLE *et al.*, 2001). Admite variações de largura da cavidade – de alguns centímetros a até poucos metros – (UUTTU, 2001, BBRI, 2002), de operação e a permeabilidade das peles - que possibilita várias formas de ventilação da cavidade e do ambiente interno – (BOAKE *et al.*, 2003; POLLARD, BEATTY, 2008), assim como da geometria ou design da cavidade (BOAKE *et al.*, 2003; LANG, HERZOG, 2000). Além disso, apesar das fachadas serem normalmente envidraçadas – especialmente a pele exterior – isso não é um aspecto mandatório (ARONS, 2000; BARBOSA, IP, 2014; BOAKE, 2014).

Apesar das fachadas duplas serem uma solução bastante empregada na arquitetura contemporânea – com presença marcante em obras de grandes arquitetos desde os anos 80 do século passado, como nas obras de Richrd Rogers, HOK e Herzog e de Meuron – por estar associada a uma ideia de sustentabilidade, sua concepção é mais antiga. Sistemas com desempenho similar são encontrados nas janelas suíças do século XVI (PANAGIOTIS, 2014), nas fachadas ventiladas de múltiplas peles por Jean-Baptiste Jobard no século XIX (SAELENS, 2002), assim como no sistemas de armazenamento de calor por meio de pele de vidro e massa térmica de Edward Morse do mesmo século, que posteriormente, já no século XX, Felix Trombe aprimorou na parede trombe (BOAKE *et al.*, 2003). Contudo, o primeiro exemplar de uma fachada dupla moderna edifício da fábrica de brinquedos Steiff, em Giengen, na Alemanha, construída no início do século passado, em 1903, em funcionamento até hoje (CRESPO, 1999). Este edifício exemplifica o principal argumento manifestado pelos defensores das fachadas duplas que é um maior isolamento térmico – em virtude da camada de ar entre as peles de vidro – sem o compromisso das grandes peles de vidro que podem propiciar maior abundância luminosa e contato visual com o exterior (GHAFFARIANHOSEINI *et al.*, 2016; POLLARD, BEATTY, 2008).

Le Corbusier também empregou fachadas duplas em seus projetos de *Centrosoyus*, *Cité de Refuge* e *Immeuble Clarté* no início do século passado. O principal benefício apontado pelo arquiteto é a capacidade dessas fachadas duplas ventiladas de intermediar de forma mais controlada a variação do clima externo, por isso a

chamou de *Mur neutralizant* (CRESPO, 1999). Isso está associado a outro importante característica das fachadas duplas, que é o controle da operação das aberturas da cavidade. Isso possibilita dois fenômenos distintos. No primeiro, em que a temperatura externa é inferior a interna, a cavidade, se fechada, funciona como um acumulador de calor, uma estufa, que retém esse calor e assim diminui a perda de calor do interior da edificação. O segundo fenômeno ocorre quando a temperatura externa é superior a interna. Neste caso, com a abertura superior da cavidade aberta, o ar quente sobe, por meio do efeito chaminé e o calor da cavidade é retirado e propicia uma corrente de ar que ventila os ambientes internos, o que melhora a condição de conforto. Alguns autores também apontam uma melhoria do desempenho acústico, com maior isolamento a sons externos. Contudo, a cavidade funciona como um canalizador de sons, o que aumenta a transmissão sonora entre os andares conectados pela cavidade (POLLARD, BEATTY, 2008).

Entretanto, para que esses benefícios ocorram é necessário dimensionamento correto e adequação as condições ambientais, o que nem sempre ocorre. Os projetos do próprio Le Corbusier vieram a ter problemas de superaquecimento (CRESPO, 1999). Apesar das fachadas duplas serem nativas de climas temperados, é comum o problema de superaquecimento no verão nesse tipo de clima (GRATIA, DE HERDE, 2007).

Além disso, há por vezes uma valorização excessiva das melhoras de desempenho, especialmente em climas quentes. Estudos desenvolvidos por Hamza (2008) – no Cairo, Egito; e Marcondes (2010) – no Rio de Janeiro, Brasil; apontam para desempenho termoenergético superior das fachadas duplas em comparação a soluções de vedação totalmente envidraçadas com vidro simples. Por outro lado, em seu estudo na Índia, Yellamraju (2004) indica que apesar de resultados superiores em comparação a sistemas de vedação simples, fachadas duplas altamente envidraçadas ainda assim possuem desempenho inferior a sistemas com menor taxa de envidraçamento.

Especialmente em climas quentes, há necessidade de conceber sistemas de fachada duplas mais adequados as condições climáticas, especificamente com maior taxa de opacidade (BOAKE, 2014; YELLAMRAJU, 2004) e maior capacidade do emprego de ventilação natural (BARBOSA e IP, 2014, BARBOSA, 2012). Entretanto, mesmo a ventilação natural tem limites em climas quentes, visto que com calor mais intenso, a temperatura do ar externo já não é desejável. Dessa forma, Boeke (2014) sugere uma nova concepção de fachada dupla mais adequada a climas mais quentes, em que há grande necessidade de controle do superaquecimento por radiação solar, denominada de fachada dupla híbrida.

3 | MÉTODO

Realiza-se um estudo paramétrico por meio de simulação dinâmica termoenergética. Além da diferença entre as duas tipologias de fachadas duplas, avalia-se o impacto no desempenho termoenergético dos parâmetros: orientação e largura da cavidade nas duas tipologias de fachada dupla, assim como a permeabilidade da pele externa somente nas fachadas duplas híbridas. Neste estudo, para avaliação do desempenho termoenergético utiliza-se a carga térmica para resfriamento anual em kWh como indicador.

Para tal, emprega-se o programa *open-source EnergyPlus*, desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (CRAWLEY et al., 2001). Vastamente utilizado, é um dos melhores representantes do estado da arte de programa de simulação de análise energética (WETTER et al., 2015). O uso do EnergyPlus se dá por meio do *DesignBuilder* é uma das suas interfaces gráficas mais utilizadas, especialmente pela sua facilidade de modelagem tridimensional e por sua extensa biblioteca de materiais e configurações já predefinidas (WASILOWSKI, REINHART, 2009).

A seguir são apresentados a caracterização do modelo, os parâmetros analisados no estudo paramétrico e os procedimentos de análise dos resultados.

3.1 Caracterização do Modelo

O modelo empregado segue parâmetros levantados por Costa (2018) com representativos para edifícios comerciais na cidade de Brasília, com uma planta livre de 30 m x 30 m e o pé esquerdo de 3,50 m. A edificação possui térreo — modelado como *component block* — e 12 pavimentos tipo. Como somente os pavimentos tipos são analisados e o térreo não faz parte da avaliação, não se avaliam as trocas térmicas como o solo, por isso, os valores de temperatura do solo são desprezados na modelagem. Aberturas são modeladas somente nas fachadas da fachada dupla, assim como na fachada oposta (Figura 1), visto que esse modelo foi utilizado para avaliação do uso de fachadas duplas híbridas, assim como em investigação posterior sobre o impacto da ventilação seletiva no desempenho termoenergético (GÓES, 2018). Essa definição por modelar aberturas somente nestas fachadas visa isolar o efeito da fachada dupla e assim avaliá-la de forma mais precisa. Nesse sentido, as demais paredes externas são modeladas sem aberturas e caracterizadas como adiabáticas.

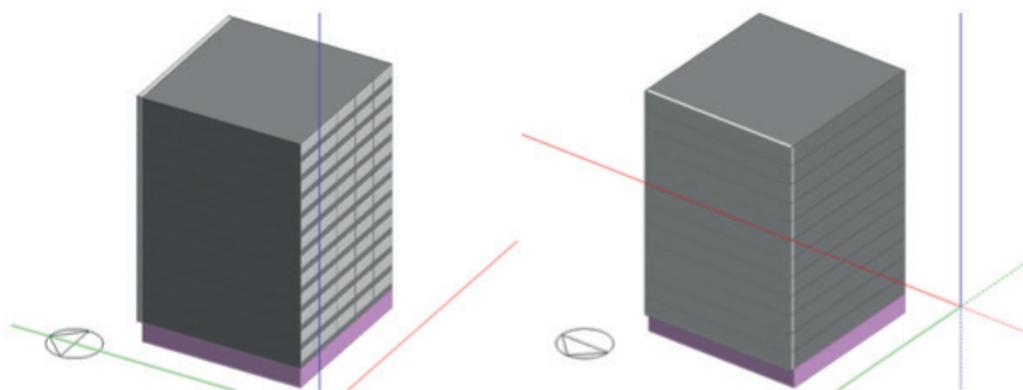


Figura 1 Modelo da edificação

A definição das propriedades térmicas dos sistemas utilizadas nas simulações segue Costa (2018) e está de acordo com o modelo equivalente de propriedades térmicas de Weber *et al.* (2017). Dessa forma, a Tabela 1 apresenta a caracterização das propriedades térmicas dos sistemas construtivos empregados no modelo.

Os pavimentos tipo possuem uma taxa de envidraçamento de 75%, com o emprego de vidros cinzas. Segundo levantamento de Costa *et al.* (2017), os vidros cinzas são apontados como os predominantes em edifícios comerciais em Brasília, com o emprego em mais de 30% dos edifícios em 2017.

Para o sistema de condicionamento de ar, empregam-se sistemas *splits* com CoP (coeficiente de performance) de 2,8 e com *setpoints* de 24 °C, valores levantados por Costa *et al.* (2017). Já a taxa de infiltração é mantida a *default* do programa, em 0,7 renovações de ar por hora. Quanto à carga da iluminação artificial, utiliza-se a densidade de potência instalada (DPI) de 12 W/m², também levantado por Costa *et al.* (2017).

Sistema	Camadas Equivalentes	e (cm)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m ³)	c (kJ/kg.K)	Ut (W/m ² °C)	
Parede de Alvenaria 6 furos 9x14x24 cm	Argamassa	2,50	1,15	2000	1,00		
	Cerâmica	1,34	0,900	1600	0,920		
	Camada de Ar	Resistência térmica fixa em 0,18 m ² °C/W					2,363
	Cerâmica	1,34	0,900	1600	0,920		
	Argamassa	2,50	1,15	2000	1,00		
Laje Entre Pisos Piso cerâmico, laje maciça, forro de gesso	Piso Cerâmico	0,75	1,05	2000	0,920		
	Contrapiso	2,00	1,15	2000	1,00		
	Laje Maciça	9,85	1,75	2200	1,00	1,701	
	Camada de Ar	Resistência térmica fixa em 0,18 m ² °C/W					
	Placa de Gesso	2,00	0,35	900	0,87		
Laje de Cobertura Telha fibrocimento, laje maciça e forro de gesso	Telha Fibrocimento	0,80	0,95	1900	0,84		
	Camada de Ar	Resistência térmica fixa em 0,18 m ² °C/W					
	Laje Maciça	9,85	1,75	2200	1,00	1,608	
	Camada de Ar	Resistência térmica fixa em 0,18 m ² °C/W					
	Placa de Gesso	2,00	0,35	900	0,87		

Legenda:
e: espessura
 λ : calor específico
 ρ : densidade
c: condutividade térmica
Ut: transmitância térmica

Tabela 1 Propriedades térmicas dos sistemas construtivos por meio do modelo de camadas equivalentes

Definem-se as cargas e rotinas dos pavimentos tipos com o *template* de atividades *Generic Office Area*, enquanto as cavidades das fachadas duplas são caracterizadas como cavidades no *Zone Type*, o que define as atividades como *None*, sem qualquer tipo de ocupação ou sistemas mecânicos funcionando. As cavidades são ventiladas naturalmente, modeladas a partir de um sistema de rede de ventilação, em que o coeficiente de descarga das aberturas dessas cavidades alterado para 0,62, como sugerido por Pomponi *et al.* (2016).

O vidro da pele externa, a altura da cavidade e a geometria interna da cavidade foram definidas previamente em investigações anteriores (GÓES, 2018). Dessa forma, utiliza-se o vidro cinza, que dentre as opções de vidros comuns, não seletivos, foi o que possuiu melhor desempenho. Quanto à altura da cavidade utiliza-se a altura total do edifício, enquanto que a geometria da cavidade é mantida sem compartimentação, – do tipo múltiplos andares –, que dessa forma beneficia o efeito chaminé e foi a combinação com melhor desempenho.

O arquivo climático utilizado é o SWERA para a cidade de Brasília, disponível na

3.2 Parâmetros Analisados

Na realização do estudo paramétrico há três parâmetros básicos: orientação, largura da cavidade e permeabilidade da pele externa. A orientação e largura da cavidade nas duas tipologias de fachada dupla, assim como a permeabilidade da pele externa somente nas fachadas duplas híbridas. Assim para cada combinação de parâmetros define-se um cenário. Além disso, cenário de controle sem fachada dupla, somente com a pele interna e demais configurações idênticas aos demais modelos, que é simulado para todas as orientações.

Quanto ao parâmetro orientação, existem 8 níveis, as quatro orientações cardeais e as quatro orientações colaterais. Sobre o parâmetro largura da cavidade, há 5 níveis, de 0,5 m a 2,5 m de largura da cavidade em intervalos de 0,5 m. Já sobre a permeabilidade da pele externa, que se aplica somente as fachadas duplas híbridas, esse parâmetro possui 3 níveis, com 33%, 50% e 66% de permeabilidade da pele externa. Como o modelo utiliza uma rede de ventilação este último parâmetro possui influência tanto da taxa de radiação solar, como da taxa de ventilação. No total há 168 cenários, 40 de fachadas duplas envidraçadas, 120 de fachadas duplas híbridas e oito do cenário de controle. A Tabela 2 apresenta os códigos referentes aos diferentes níveis de cada parâmetro utilizados no decorrer do capítulo.

Fachada Dupla Envidraçada		Fachada Dupla Híbrida			
Código	Largura da Cavidade (m)	Código	Largura da Cavidade (m)	Código	Permeabilidade da Pele Externa (%)
V_L1	0,50	H_L1	0,50	H_P1	66%
V_L2	1,00	H_L2	1,00	H_P2	50%
V_L3	1,50	H_L3	1,50	H_P3	33%
V_L4	2,00	H_L4	2,00		
V_L5	2,50	H_L5	2,50		

Tabela 2 Codificação dos cenários por parâmetros

Para a modelagem das fachadas duplas, utiliza-se o recurso *local shading* do *DesignBuilder* para a criação do elemento de sombreamento. Como os elementos de sombreamento no *EnergyPlus* não conduzem calor e são responsáveis somente por sombrear e refletir, o impacto da alteração do material desse elemento não se mostra relevante. Assim, optou-se pelo emprego de madeira presente na biblioteca do programa *Woods - pine, pitch pine Dry* que segue a caracterização do CIBSE Guide A (2006). A Tabela 3 apresenta as propriedades físicas do material.

Propriedade	Valor Unitário
Condutividade (W/m.K)	0,17
Calor Especifico (J/Kg.K)	2120,00
Densidade (Kg/m ³)	650,00
Absortância Térmica (W/W)	0,90
Absortância Solar (W/W)	0,60
Absortância Visível (W/W)	0,60
Espessura (mm)	20

Tabela 3 Propriedades físicas do CIBSE Guide A (2006) à madeira empregada como elemento de sombreamento

A Figura 2 apresenta a caracterização geométrica do elemento de sombreamento que define a pele externa da fachada dupla híbrida. A quantidade de lâminas (*number of blades*) e o espaçamento vertical (*vertical spacing*) não possuem valores na Figura 2 e são denominados por “a” e “b”, já que variam de acordo com cada uma das taxas de permeabilidade da pele externa da fachada dupla híbrida.

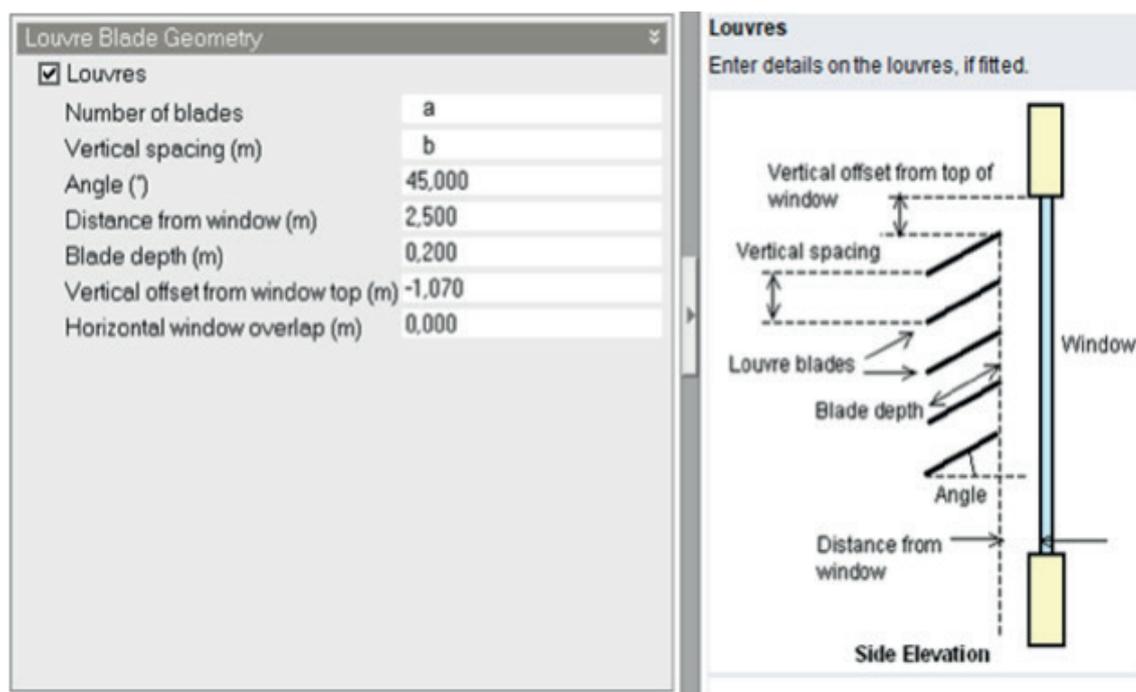


Figura 2 Caracterização da geometria da pele externa das fachadas duplas híbridas

3.3 Procedimento de Análise

Para análise dos resultados, realiza-se uma avaliação do desempenho termoenergético para cada um dos parâmetros. Agrupam-se os cenários de cada tipo de fachada dupla – envidraçada ou híbrida – por níveis do parâmetro sob análise. Essas distribuições são apresentadas em gráfico box-plot acompanhadas por uma análise de variância junto com um teste Tukey para avaliar a significância das diferenças entre os agrupamentos.

4 | RESULTADOS

Os resultados de desempenho termoenergético são apresentados em dois itens: o primeiro que apresenta os resultados referentes as fachadas duplas envidraçadas, já o segundo expõe os resultados de desempenho das fachadas duplas híbridas. Concomitantemente, utiliza-se o resultado do cenário de referência nos momentos.

4.1 Fachadas Duplas Envidraçadas

Os resultados expostos no Gráfico 1 demonstram que a fachada dupla envidraçada é mais eficaz quando empregada na fachada norte. Entretanto, os resultados também evidenciam que o cenário de controle (C0) obteve desempenho superior a praticamente todos os cenários, com exceção de algumas orientações do cenário com largura da cavidade de 2,50 m (V_L5). Nas condições da presente pesquisa, o emprego de fachadas duplas envidraçadas só é capaz de proporcionar melhoria no desempenho termoenergético, em comparação ao cenário de controle (C0), com a largura de cavidade de 2,50 m (V_L5) e em determinadas orientações.

Essa questão do desempenho superior das fachadas duplas envidraçadas com largura de cavidades maiores, especificamente dos cenários com largura de cavidade de 2,50 m (V_L5), torna-se mais evidente a partir da análise do parâmetro largura de cavidade, apresentado no Gráfico 2. O teste estatístico atesta essa distinção por mostrar que somente o grupo de cenários com largura da cavidade de 2,50 m (V_L5) possui um desempenho significativamente superior aos demais agrupamentos por largura de cavidade. Além disso, o teste estatístico também demonstra que os quatro primeiros agrupamentos de largura da cavidade não possuem variação estatística relevante entre si, com uma semelhança entre os grupos superior a 95%.

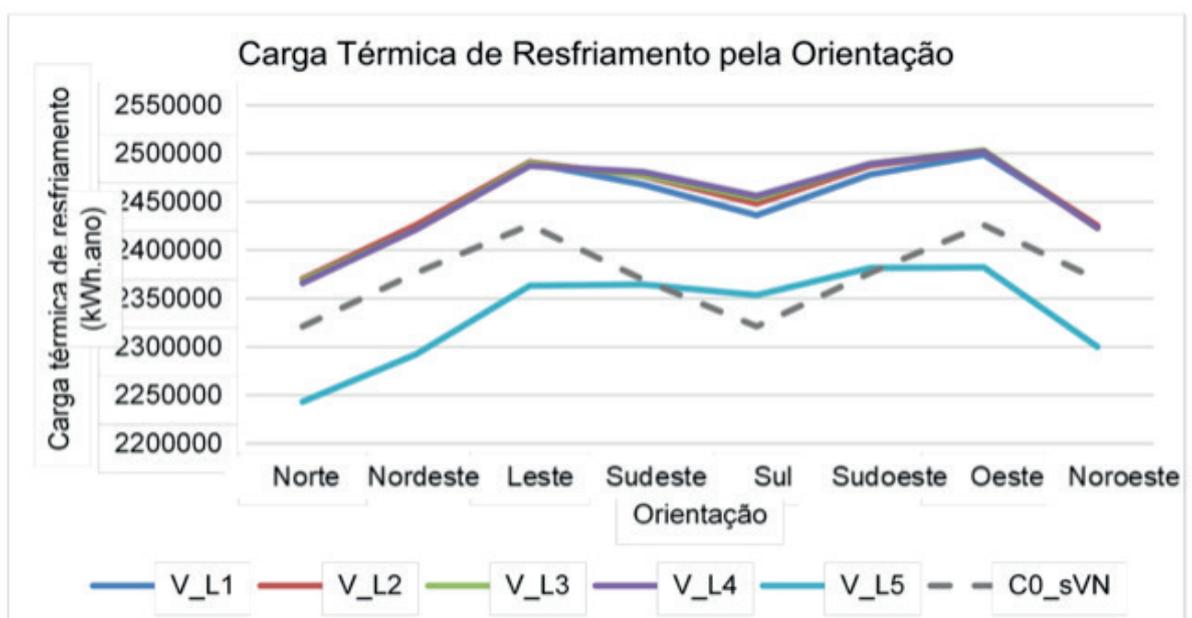


Gráfico 1 Gráfico de linhas da carga térmica de resfriamento pela orientação para fachadas duplas envidraçadas

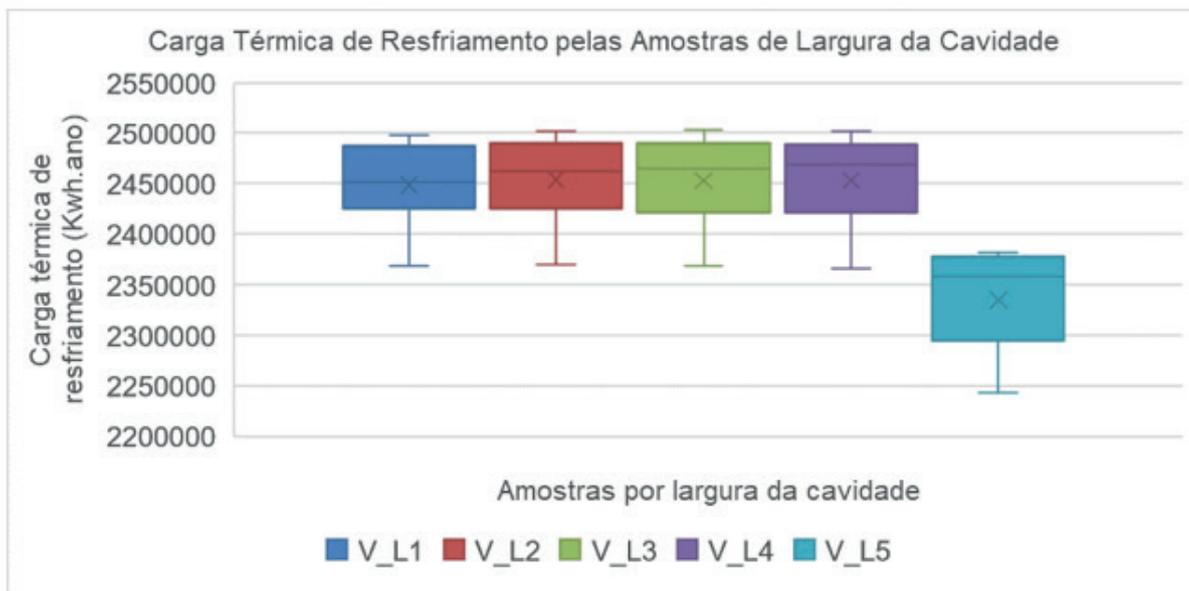


Gráfico 2 Gráfico de caixa da carga térmica de resfriamento por amostra de largura da cavidade para fachadas duplas envidraçadas

4.2 Fachadas Duplas Híbridas

Da mesma forma que a fachada dupla envidraçada, os cenários das fachada dupla híbrida orientados ao quadrante norte apresentam melhor desempenho termoenergético, como se observa no Gráfico 3. Entretanto, diferentemente das fachadas envidraçadas, todos os cenários de fachada dupla híbrida analisados possuem desempenho termoenergético superior ao cenário de controle (C0), até mesmo no que diz respeito às orientações do quadrante sul, em que todos os cenários de fachada dupla envidraçada analisados têm desempenho inferiores ao cenário de controle (C0).

Quanto a taxa de permeabilidade da pele externa d fachada dupla, existe uma relação diretamente proporcional com a carga térmica de resfriamento. Com a diminuição da taxa de permeabilidade a carga térmica de resfriamento também diminui, ou o desempenho termoenergético melhora, o que pode ser notado no Gráfico 4. O teste estatístico aponta que existe diferença significativa somente entre H_P1 (66%) e os demais grupos por taxa de permeabilidade, enquanto entre H_P2 (50%) e H_P3 (33%) não há variação significativa.

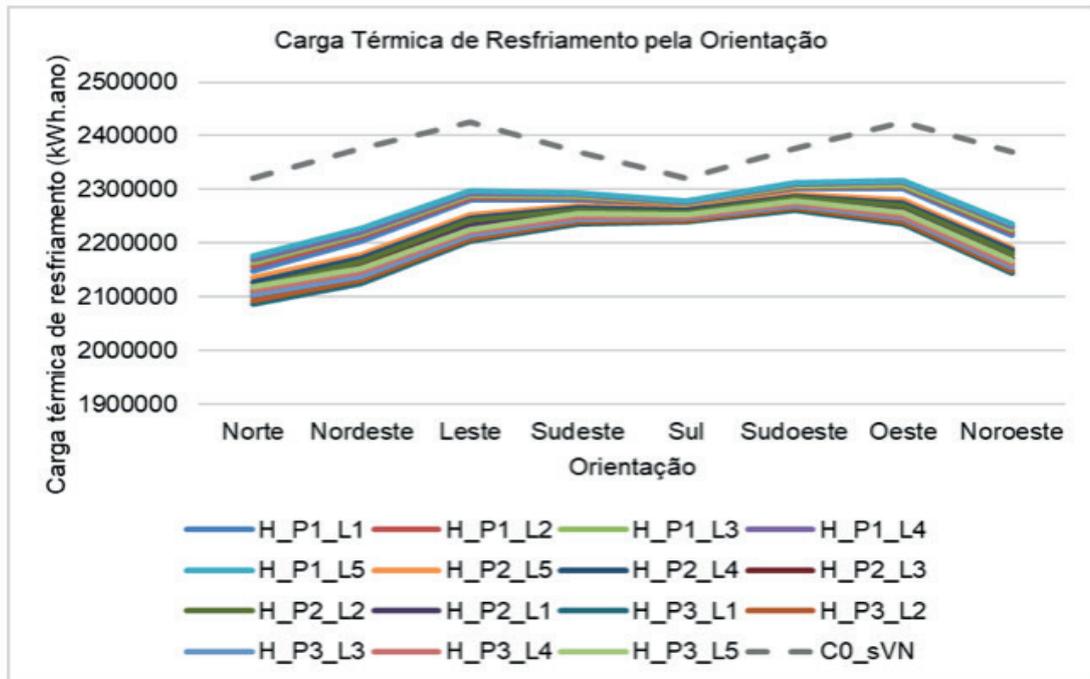


Gráfico 3 Gráfico de linhas da carga térmica de resfriamento pela orientação para fachadas duplas híbridas

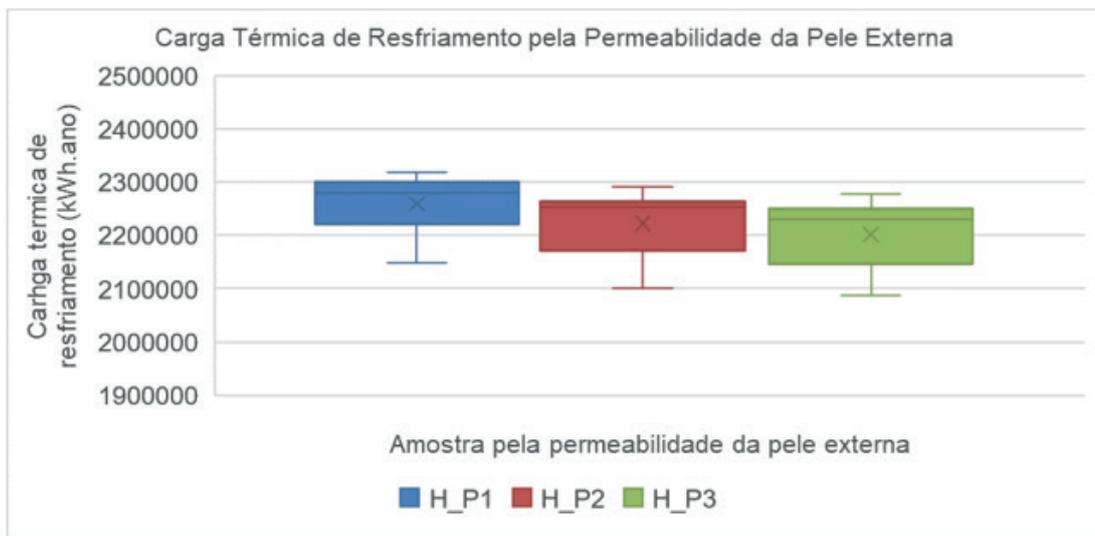


Gráfico 4 Gráfico de caixa da carga térmica de resfriamento pela permeabilidade da pele externa para fachadas duplas híbridas

Por outro lado, o parâmetro de largura da cavidade das fachadas duplas híbridas não apresenta impacto no desempenho termoenergético. O Gráfico 5 exibe um padrão bastante constante entre os cinco grupos de largura de cavidade das fachadas duplas híbridas. Isso se evidencia a partir da análise estatística do teste Tukey em que a semelhança entre os grupos é sempre superior a 99%.

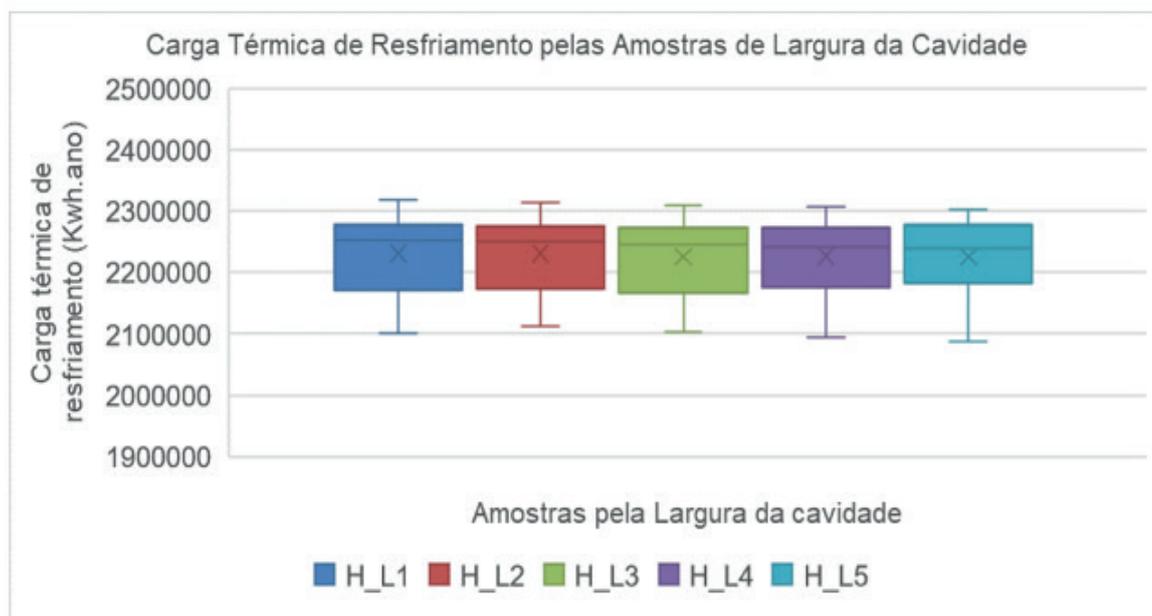


Gráfico 5 Gráfico de caixa da carga térmica de resfriamento pela largura da cavidade para fachadas duplas híbridas

5 | DISCUSSÃO

No geral percebe-se que as fachadas duplas envidraçadas possuem resultados inferiores às fachadas duplas híbridas no contexto climático de Brasília, inclusive com desempenho normalmente inferior ao cenário de controle (C0). Na média, as soluções híbridas (H) analisadas proporcionam uma melhoria de 6,1% em comparação com a média para todas as orientações do cenário de controle (C0), enquanto as fachadas duplas envidraçadas (V), em geral, apresentam desempenho inferior à média do cenário de controle (C0) em 2,3%, como se observa no Gráfico 6. Isso demonstra a relevância de sombreamento das aberturas no contexto climático de Brasília, algo que a solução envidraçada não proporciona. Contudo, esses valores médios são afetados por diversos aspectos, inclusive pela orientação sul, que se mostra pouco favorável especialmente às fachadas duplas envidraçadas, assim como pelas menores larguras de cavidades.

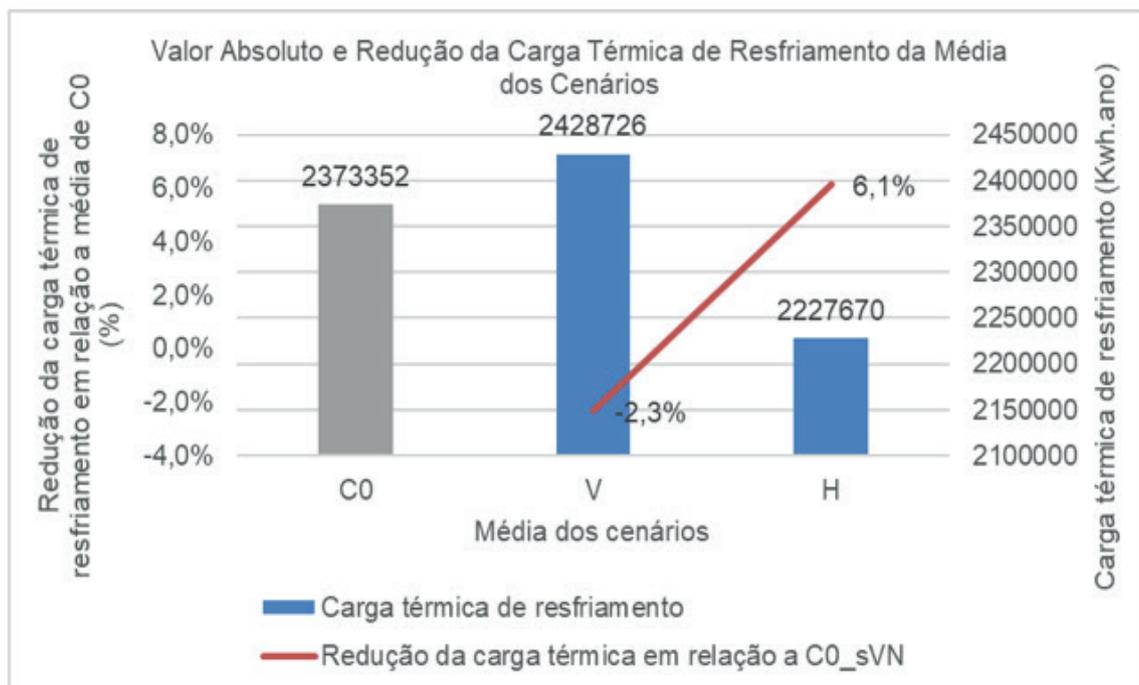


Gráfico 6 Gráfico de barras e linhas do valor absoluto e redução da carga térmica de resfriamento da média dos cenários

Nesse sentido é importante observar os resultados dos cenários com melhor desempenho, como expostos no Gráfico 7, que compara os melhores cenários de fachada dupla envidraçada e híbrida – para cada uma das taxas de permeabilidade – com o cenário de controle (C0), todos para a orientação norte. Esta análise apresenta uma melhoria do desempenho termoenergético da fachada dupla envidraçada em relação ao cenário de controle (C0), com um incremento de 5,5%. Entretanto as soluções híbridas apresentam desempenho ainda melhor, de até 10,1%. O que mais uma vez mostra os maiores benefícios que as soluções híbridas possibilitam ao clima de Brasília, o que reforça o impacto positivo do emprego do sombreamento.

Os parâmetros estudados – orientação, largura da cavidade e permeabilidade da pele externa – apresentam impactos diferentes no desempenho para as fachadas duplas envidraçadas e híbridas. Para as fachadas duplas envidraçadas, os dois parâmetros investigados – orientação e largura da cavidade – possuem impacto relevante, enquanto às fachadas duplas híbridas, variação da largura da cavidade não apresenta impacto significativo, porém orientação e permeabilidade da pele externa mostram-se relevantes.

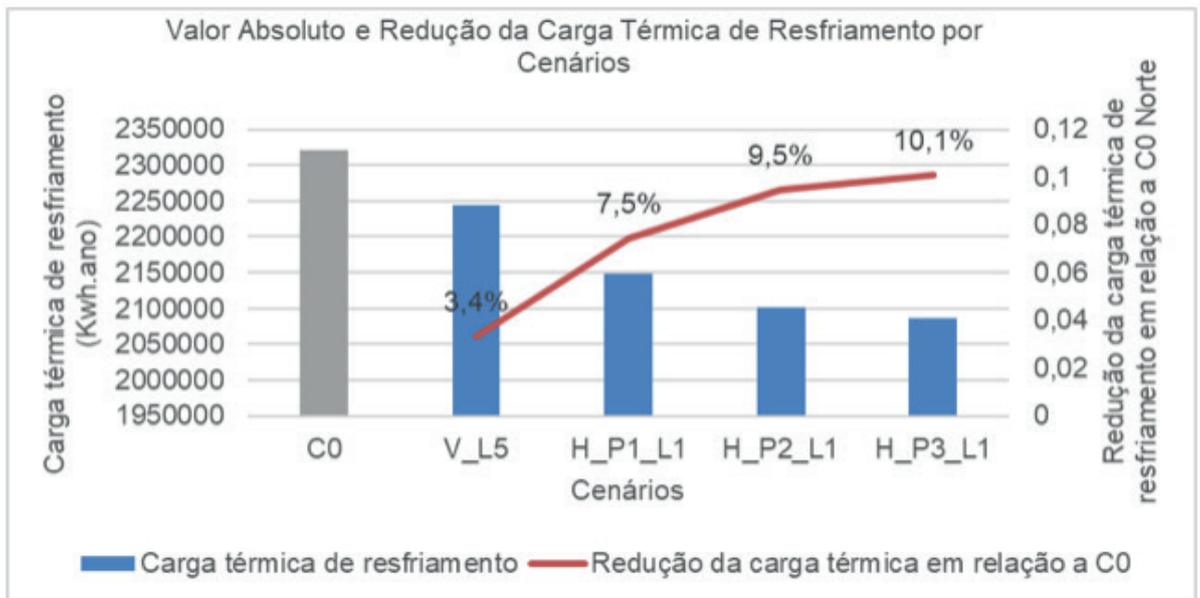


Gráfico 7 Gráfico de barras e linhas do valor absoluto e redução da carga térmica de resfriamento por cenários

Quanto a orientação, para ambos tipos de fachadas duplas os resultados no quadrante norte são superiores, enquanto que ao quadrante sul são inferiores. Isso se mostra alinhado com parte da literatura, como por exemplo Pomponi *et al.* (2016) e Barbosa e Ip (2014), que indicam o emprego de fachada dupla normalmente na orientação equatorial, a norte no hemisfério meridional. Isso provavelmente está atrelado ao efeito chaminé que se beneficia de maior radiação nessas orientações. Além disso, no caso específico das fachadas duplas híbridas o sombreamento se torna mais efetivo.

Sobre a largura da cavidade, os efeitos são distintos entre os tipos de fachada dupla. No caso das fachadas duplas híbridas este parâmetro não apresentou nenhum tipo de diferença significativa entre os grupos, como demonstrou o teste estatístico. Por outro lado, os resultados das fachadas duplas envidraçadas indicam que a maior largura – de 2,5 m – possui desempenho significativamente superior aos demais grupos de larguras de cavidade fachadas duplas envidraçadas. Esse padrão não é encontrado na maioria da literatura, que normalmente investiga fachadas duplas com cavidades entre 0,5 m e 1,0 m. Supõe-se que esse padrão de cavidades mais estreitas esteja ligado a uma questão econômica, visto que exige maior área útil.



Figura 3 Quadro comparativo entre fachadas duplas híbridas e envidraçadas

Já sobre a permeabilidade da pele externa das fachadas duplas híbridas há variação significativa entre os grupos, especificamente entre a maior taxa de permeabilidade (P1) – com 66% de taxa de permeabilidade – que possui desempenho inferior aos dois demais grupos, que por outro lado não possuem diferença significativa. Isso corrobora com as diretrizes da norma brasileira de Desempenho Térmico das Edificações (NBR 15.220) (ABNT, 2003), que indica a estratégia de sombreamento como uma das principais alternativas bioclimáticas ao contexto climático de Brasília. Dessa forma, há benefícios em empregar fachadas duplas com menores taxas de permeabilidade, porém, dentro do escopo desta pesquisa, a diferença entre permeabilidade de 50% (P2) e 33% (P3) não é significativa. Assim, para favorecer uma maior iluminação, a utilização de taxa de permeabilidade de 50% é a mais indicada.

O quadro na Figura 3 apresenta de forma sintética as principais considerações sobre o desempenho termoenergético das fachadas duplas envidraçadas e híbridas para o contexto climático de Brasília.

6 | CONCLUSÃO

Conclui-se que as fachadas duplas são capazes de melhorar o desempenho termoenergético de edificações comerciais verticais em até 10% em comparação ao cenário de controle — sem fachada dupla. Além disso, afirma-se que as fachadas duplas híbridas possuem desempenho significativamente superior ao desempenho das

fachadas duplas envidraçadas sob as circunstâncias investigadas, com desempenho em média superior a 8%.

Na maioria dos cenários investigados, as fachadas duplas envidraçadas obtiveram desempenho inferior ao cenário de controle, com maior carga térmica de resfriamento. Nesse sentido, por apresentarem limitado benefício no contexto climático de Brasília, fachadas duplas envidraçadas devem ser empregadas com muita cautela, somente em situações muito específicas. A princípio deveriam ser evitadas em detrimento de fachadas duplas híbridas.

Os principais resultados indicam o desempenho superior das fachadas duplas – tanto envidraçadas quanto híbridas – se empregadas no quadrante norte em oposição aos piores desempenhos no quadrante sul. Quanto à largura da cavidade não apresentou variação significativa às fachadas duplas híbridas, entretanto às fachadas duplas envidraçadas a maior largura – de 2,5 m – apresentou resultados significativamente melhores. Já a taxa de permeabilidade da pele externa da fachada dupla híbrida, os resultados mostram uma tendência inversamente proporcional entre desempenho termoenergético e taxa de permeabilidade da pele externa.

A prevalência do desempenho das fachadas duplas híbridas aponta ao potencial que o sombreamento possui no contexto climático de Brasília. O emprego de altas taxas de envidraçamento nas fachadas é extremamente prejudicial ao desempenho termoenergético e à eficiência energética em climas quentes como o de Brasília. A importação desse tipo de solução exógena impacta negativamente o desempenho termoenergético das edificações neste clima, o que gera edifícios totalmente dependentes de condicionamento energético e deveria ser revisto.

REFERÊNCIAS

ARONS, D. M. M. **Properties and Applications of Double-Skin Building Facades**. Dissertação de Mestrado no programa de Building Technology no Massachusetts Institute of Technology (MIT), EUA, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15.220: **Desempenho Térmico de Edificações**. Rio de Janeiro, 2003.

BARBOSA, S., IP, K., SOUTHALL, R. **Thermal comfort in naturally ventilated buildings with double skin facade under tropical climate conditions: the influence of key design parameters**. Energy and Buildings. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.10.029>.

BARBOSA, S; IP, K. **Double skin façade for naturally ventilated office buildings in Brazil**. World SB14. Barcelona, October 28-30, 2014.

BELGIAN BUILDING RESEARCH INSTITUTE (BBRI). **Source book for a better understanding of conceptual and operational aspects of active facades**. Department of Building Physics, Indoor Climate and Building Services, Belgian Building Research Institute. Version no 1. 2002.

BOAKE, T. M., HARRISON, K., COLLINS, D., CHATHAM, A., LEE, R. **Understanding the general principles of the double skin façade system**. National Building Envelope Council Conference, Vancouver, Canadá, 2003.

BOAKE, T., M. **Hot climate double facade: avoiding solar gain.** *Façade Tectonics Journal*, Volume 14, pp. 68-73, 2014.

COSTA, J.; POLITANO, N.; AMORIM, C. N. D. **Morphological characteristics and energy consumption of office buildings in the central area of Brasilia.** In: *Passive and Low Energy Architecture*, 2017, Edinburgh. PLEA 2017 Edinburgh - Design to Thrive. Edinburgh: NCEUB, 2017. v. II. p. 2507-2514.

COSTA; J. F. W. **Edifícios de balanço energético nulo – um estudo para escritórios em Brasília.** Dissertação de Mestrado no programa de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, Brasil. 2018

CRAWLEY, D. B., LAWRIE, L. K., WINKELMANN, F. C., BUHL, W. F., HUANG, J. Y., PEDERSEN, C. O., STRAND, R. K., LIESEN, R. J., FISHER, D. E., WITTE, M. J., GLAZER, J. **EnergyPlus: Creating a new-generation building energy simulation program.** *Energy and Buildings*, Oxford, v. 33, p. 319-331, 2001.

CRESPO, A. M. L. **History of the double skin facade.** 1999. Disponível no sítio eletrônico <http://envelopes.cdi.harvard.edu/envelopes/content/resources/PDF/doubleskins.pdf>. Acessado em 11 de janeiro de 2017.

GHAFFARIANHOSEINI, A., GHAFFARIANHOSEINI, A., BERARDI, U., TOOKEY, J., LI, D. H. W., KARIMINIA S. **Exploring the advantages and challenges of double-skin facades (DSFs).** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016. Disponível no sítio eletrônico <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.130i>. Acessado em 07 de dezembro de 2017.

GÓES, T. M. **Fachadas Duplas: Análise do Desempenho Termoenergético em Edifícios Comerciais no Contexto Climático de Brasília – DF.** Dissertação de Mestrado no programa de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, Brasil. 2018

GRATIA, E., DE HERDE, A. **Are energy consumptions decreased with the addition of a double-skin?** *Energy and Buildings* 39. Pag. 605–619. 2007.

HAMZA, N. **Double versus single skin facade in hot arid areas.** *Energy and Buildings* 40 (3) pag. 240–248. 2008.

LANG, W., HERZOG, T. **Using multiple glass skins to clad buildings.** *Architectural Record* (7) (188): 171. 2000.

LUCON O., D. ÜRGE-VORSATZ, A. ZAIN AHMED, H. AKBARI, P. BERTOLDI, L.F. CABEZA, N. EYRE, A. GADGIL, L.D.D. HARVEY, Y. JIANG, E. LIPHOTO, S. MIRASGEDIS, S. MURAKAMI, J. PARIKH, C. PYKE, AND M.V. VILARIÑO, 2014: Buildings. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

MARCONDES, M. P. **Soluções Projetuais de Fachadas para Edifícios de Escritório com ventilação Natural em São Paulo.** Tese de Doutorado no programa de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, Brasil. 2010

NABONI, E., MALCANGI, A., ZHANG, Y., BARZON F. **Defining the energy saving potential of architectural design.** *Energy Procedia* 83. 2015. 140 – 146

OESTERLE, W., LIEB, E., LUTZ, R-D., HEUSLER, M. **Double skin facades: Integrated planning.** Munich, Germany: Prestel Verlag. 2001.

OLGYAY V, OLGAYAY A. **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism.** 1st Edition. Princeton University Press Princeton Estados Unidos; 1963

PANAGIOTIS, K. **2×F(acade) – properties and design guidelines for double-skin facades in sweden – literature review + energy efficiency + cost + life cycle assessment.** Dissertação de Mestrado em Design for Sustainable Development – Departamento de Arquitetura – Chalmers University of Technology, Suécia, 2014.

PESSOA, J. L. N., GHISI, E., LAMBERTS, R. **Estado da arte em eficiência energética: iluminação e envoltória.** CB3e - Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações. UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina Dep. de Engenharia Civil. Florianópolis, 2013.

POLLARD, B., BEATTY, M. **Double skin façades - more is less?** ISES-AP - 3rd International Solar Energy Society Conference - Asia Pacific Region (ISES-AP-08) Incorporating the 46th ANZSES Conference, Sydney, Australia, 2008.

POMPONI, F., BARBOSA, S., PIROOZFAR, P. A. E. **On the intrinsic flexibility of the double skin façade: a comparative thermal comfort investigation in tropical and temperate climates.** Energy Procedia 00 (2016) 000–000

RUUSKA, A., HÄKKINEN, T. **Material efficiency of building construction.** Buildings 2014, 4, 266-294; doi:10.3390/buildings4030266.

SAELENS, D. **Energy performance assessments of single storey multiple-skin facades.** PhD thesis, Laboratory for Building Physics, Department of Civil Engineering, Catholic University of Leuven, Belgium. 2002.

THE CHARTERED INSTITUTION OF BUILDING SERVICES ENGINEERS (CIBSE). **Environmental design CIBSE Guide A.** 7th edition. Printed in Great Britain by Page Bros. (Norwich) Ltd., Norwich, Norfolk NR6 6SA. January 2006. ISBN-10: 1-903287-66-9

TORCELLINI P., PLESS S., DERU M., CRAWLEY D. **Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition.** 2006 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings. 2006

UUTTU, S. **Study of Current Structures in Double-Skin Facades.** Dissertação de Mestrado no programa de Structural Engineering and Building Physics no Departamento de Civil and Environmental Engineering em Helsinki University of Technology (HUT), Finlândia, 2001.

WASILOWSKI H. A., REINHART C. F. **Modelling an existing building in designbuilder/energyplus: custom versus default inputs.** 11th Conference of International Building Desempenho Simulation Association, Glasgow, Escócia, July 27-30, 2009.

WEBER, F. S., MELO, A. P., MARINOSKI, D. L., GUTHS, S., LAMBERTS, R. **Desenvolvimento de um modelo equivalente de avaliação de propriedades térmicas para a elaboração de uma biblioteca de componentes construtivos brasileiros para o uso no programa EnergyPlus.** Relatório técnico do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE). Universidade Federal de Santa Catarina. Agosto, 2017.

WETTER, M., NOUIDUI, T. S., LORENZETTI, D., LEE, E. A., ROTH, A. **Prototyping the next generation energyplus simulation engine.** 14th Conference of International Building Performance Simulation Association, Hyderabad, India, Dec. 7-9, 2015.

YELLAMRAJU, V. **Evaluation & design of double skin facades for office buildings in hot climates.** Dissertação de Mestrado (Msc) em Arquitetura na Texas A&M University. Estados Unidos, 2004.

O USO DE CONTAINERS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO DE CASO

Data de aceite: 14/02/2020

Ângliston Tainã Camilotti

Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São
Carlos – IAU-USP

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7632491642052601>

Bruno Luís Damineli

Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São
Carlos – IAU-USP

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3725997260029861>

Victor José dos Santos Baldan

Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São
Carlos – IAU-USP

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5714966948798458>

Alexandre Rodrigues Murari

Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São
Carlos – IAU-USP

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0768654046027780>

RESUMO: Nos últimos anos, a produção de unidades habitacionais através da adaptação de containers de transporte de cargas tem sido uma tendência no mercado da construção, pois a busca pelo desenvolvimento sustentável está cada vez mais presente nos setores da sociedade, como a construção civil, que é uma das atividades humanas com maior impacto sobre o meio ambiente. Com isso, as inúmeras discussões sobre questões ambientais e sustentabilidade exigem que o profissional

desse setor assuma uma nova postura, buscando novas alternativas tecnológicas para a construção. No âmbito sustentável, a reutilização de containers na arquitetura transforma este material de entulho em matéria prima base para a construção civil, permitindo projetos diferenciados e modernos, mantendo os princípios arquitetônicos de conforto, beleza e utilidade, com o benefício do menor custo da obra. Assim o presente trabalho tem caráter dissertativo exploratório acerca do tema construção civil utilizando containers, com base em pesquisa bibliográfica afim de ampliar a discussão sobre o uso de contêineres de carga como residências, motivada pelas vantagens oferecidas por este sistema. Busca entender quais os procedimentos necessários desde a compra do material até as instalações fundamentais para o bom conforto ambiental, avaliando custos e sistemas construtivos alternativos.

PALAVRAS-CHAVE: casa container, inovações tecnológicas, containers sustentáveis, sistema construtivo.

CONTAINER USE IN CIVIL CONSTRUCTION: CHARACTERIZATION AND CASE STUDY

ABSTRACT: In recent years, the production of housing units through the adaptation of cargo transport containers has been a trend in the

construction market, as the search for sustainable development is increasingly present in the sectors of society, such as civil construction, which is one of the human activities with the greatest impact on the environment. With this, the numerous discussions on environmental issues and sustainability require the professional of this sector to take a new stand, seeking new technological alternatives for construction. For this purpose, the present paper has an exploratory dissertative character about the construction of containers using a bibliographic search to expand the discussion about the use of cargo containers as residences. It also seeks to understand the factors that influence the reuse of the container, in such a way that the built environment offers habitable conditions for its users.

KEYWORDS: Container house. Built environment. Construction system. Container

1 | INTRODUÇÃO

Segundo Metha (1999) e Edwards (2005), o setor da construção civil é responsável por grande parte do consumo global de recursos naturais consumindo até 50% destes. Por outro lado, a crise energética ocorrida no Brasil em 2001 exigiu mudanças em diversos setores do país, incluindo a construção civil, visto que as edificações são responsáveis por cerca de 47% do consumo final de energia do País (Ministério de Minas e Energia – 2011).

Atualmente a arquitetura e a construção civil têm buscado novas soluções que visam a sustentabilidade ambiental e energética. Os containers mostram uma solução promissora por gerarem menos resíduos que os sistemas tradicionais na fase de execução, oferecerem capacidade modular e agilidade na construção e ainda pelo fato de que seu reuso diminui a disposição final de resíduos no meio ambiente. Porém, sua baixa inércia térmica pode ser um importante empecilho ao seu reuso na construção, visto que, em climas quentes, a falta de conforto térmico que ocorre em containers sem adaptações pode aumentar substancialmente a demanda por climatização artificial.

Este trabalho propõe uma investigação inicial sobre o estado da arte do reaproveitamento de containers na arquitetura. Para isso, busca levantar os requisitos necessários para o conforto no ambiente construído com containers, listar as vantagens e desvantagens do uso destes na arquitetura e apresentar alguns casos de utilização.

2 | METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste artigo, buscou-se, através de um estudo bibliográfico, identificar, descrever e analisar as características da reutilização de containers, por meio de pesquisas em artigos, sites, publicações e teses que abordassem sobre o assunto. Na pesquisa são analisados projetos e obras existentes atualmente, na tentativa de demonstrar as diferentes possibilidades de usos de materiais.

3 | CONTAINER, A MATÉRIA-PRIMA ARQUITETÔNICA

Segundo Lopes et al. (2016), o uso de containers tem surgido como uma tecnologia altamente solicitada para variados modelos de construção, como edifícios comerciais e públicos, habitações residenciais e estruturas momentâneas como protótipos de habitação móvel ou unidades portáteis.

Segundo Occhi (2014) e Romanini (2014) existem diversos modelos de containers, os quais variam em relação à forma, tamanho e resistência. Os principais utilizados na arquitetura são os da categoria Dry de 20 pés, com dimensões externas de 2,438 metros de largura, 6,06 metros de comprimento e 2,59 metros de altura; e 40 pés, com as mesmas dimensões de largura e altura, diferenciando-se no comprimento (12,92 metros). Os modelos Dry High Cube 40 pés possuem as medidas de 2,44 metros de largura, 2,79 metros de altura e 12 metros de comprimento.

Segundo Sotello (2012), uma casa feita com dois containers de 40 pés – cerca de 60m² - com dois quartos, dois banheiros, sala e cozinha, pode ser montada em sete dias, com o valor por metro quadrado de R\$ 950,00 e com custo total aproximado de R\$ 57 mil em padrão básico de acabamento.

3.1 O sistema construtivo e técnicas

O método construtivo em container é caracterizado como racional por seu material ter características industriais, assim, o projeto arquitetônico deverá atentar-se as características e modulações, sendo necessário um projeto bem resolvido e detalhado, evitando problemas na execução.

Para que o container se transforme em um ambiente habitável é necessário que sejam feitas algumas intervenções, tais como a abertura de portas e janelas. O isolamento termoacústico é um dos pontos mais importantes da intervenção, já que a destinação original do container não é a ocupação humana, sendo este tratamento o responsável pelo conforto no ambiente construído. Segundo Occhi e Romanini (2014) o isolamento termoacústico é indispensável nas construções em containers, por serem de material de grande condutibilidade térmica. Para Keeler (2010), o maior problema deste sistema construtivo é o isolamento, que demandam estudos mais aprofundados de orientação solar e predominância de ventos. Para o isolamento, atualmente são mais usadas lã de PET, lã de rocha, lã de vidro e polietileno.

Sotello (2012) salienta que, para a utilização do módulo, são necessárias algumas adaptações sem as quais a vivência no interior se tornaria desconfortável. A condutibilidade térmica das chapas em aço Corten, material em que os containers são fabricados, torna indispensável o isolamento térmico e a proteção anti-chamas nas paredes internas e no teto. Assim, é comum a instalação de vedações internas, mantas e revestimentos, além de tratamentos de antiferrugem.

A vedação interna mais utilizada para acabamento nas paredes e no teto é o *drywall*, formado por perfis metálicos e placas de gesso acartonado. Para se obter

maior resistência para fixação de armários e também maior isolamento termoacústico, em alguns casos são utilizadas placas de OSB entre os perfis metálicos e as placas de gesso acartonado.

As instalações hidráulicas e elétricas podem ser inseridas por dentro do drywall, utilizando-se conduítes e canos de PVC, ou externamente com tubulações de aço galvanizado, ambos os casos sendo de fácil manutenção e semelhante ao sistema convencional.

Devido aos containers transportarem inúmeros materiais de diferentes procedências durante seus máximos 12 anos de uso, há um risco de contaminação pelas cargas ou por materiais utilizados no tratamento de manutenção destes containers. Assim, Metalica (2012) ressalta a importância de jatear o aço do container com um abrasivo, e, após, repintar com tinta não tóxica para evitar contaminações dos futuros habitantes.

Deve-se ter uma atenção especial com a cobertura, prevendo um correto isolamento térmico, pois o maior ganho de temperatura em ambientes internos de edificações baixas é proveniente desta. Segundo Occhi (2014) e Romanini (2014), para a cobertura, indica-se a aplicação de telha metálica do tipo sanduíche. Outra opção seria o uso de telhado verde; entretanto, este exige melhor preparação da superfície, encarecendo a obra.

Por serem fabricados em aço Corten, contêm alta resistência estrutural e a intemperismos físico químicos. Porém, dependendo das intervenções, são necessárias instalações de reforços. Os containers podem ser empilhados um sobre o outro, em até oito unidades e resistindo em 1/3 de seu comprimento em balaço. Para Robinson; Swindells (2012), a fundação deste tipo de construção é simples, não sendo necessário grandes profundidades, podendo até serem apoiados sobre radier. Porém, é necessário que o container não fique em contato direto com o solo para impedir que a umidade danifique sua estrutura.

Como qualquer sistema construtivo, construção em container contém vantagens e desvantagens que devem ser levadas em conta para análise de viabilidade da construção. No quadro a seguir são demonstrados vantagens e desvantagens deste sistema.

Vantagens	Desvantagens
Tempo reduzido na construção	Necessidade de tratamento termoacústico
Possibilidade de custo reduzido em obra	Limitação em dimensões nos cômodos
Menor percentual de perdas	Necessidade de tratamentos e proteções no aço
Estrutura em aço, se bem tratada, resiste muito tempo	Necessidade de logística e acessibilidade no transporte e instalação dos containers

Estética diferenciada	Dependendo da localidade da obra, custos elevados com frete
Possibilidade de desmontagem e remontagem em outro lugar	

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens

Fonte: O autor (2018)

Observado o Quadro 1, é possível perceber que a construção em containers traz grandes vantagens. Entretanto, devem ser analisadas todas as circunstâncias em projetos, principalmente a avaliação do local da obra tanto para distâncias percorridas e chegada de caminhões, quanto para manobra para alocação dos containers, observando se existem barreiras como redes de energia e vegetação. Outros pontos a se considerar são a necessidade de manutenção nas chapas do container para que não ocorra corrosão com o tempo e a instalação de tratamentos termoacústicos já citados.

3.2 Tetris Hostel

O Tetris Hostel, maior *hostel* feito em containers no Brasil, é uma construção localizada em Foz do Iguaçu, com aproximadamente mil metros quadrados utilizando 15 containers. Foi projetado inicialmente para uma exposição de decoração. Utilizando-se da aparência do container, opta-se por deixar à mostra o material original criando volumetrias coloridas, enquanto internamente foi aplicado o tratamento termoacústico com uma combinação de variados revestimentos.

Segundo Xavier (2014), para a concepção do projeto, foi levado em conta os 3Rs (Reduce, Reuse e Recycle) buscando diminuir o dano ambiental causado pela construção. Na cobertura foi utilizado telhado verde, contribuindo para o conforto térmico interno.

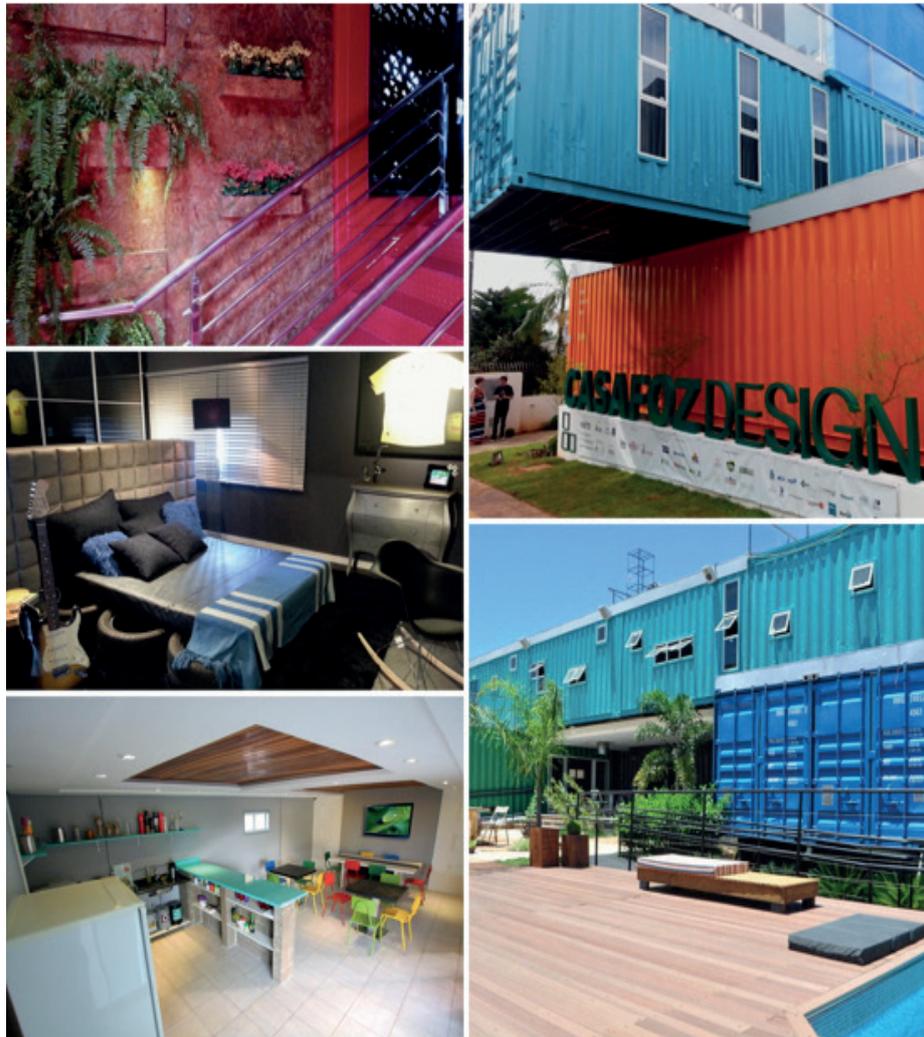


Figura 1 – Tetrís Hostel

Fonte: Xavier (2014)

3.3 Escritório Container

Localizado em Ponta Grossa – PR, esta construção tem como intuito sediar dois escritórios de pequenas empresas. Utilizando quatro containers de 12m sobrepostos em cruz e um de 6m em pé, é um projeto que reúne inovação e tecnologia com o objetivo de atingir uma arquitetura eficiente (LIRA, 2015).

Segundo o autor do projeto, foram usadas lã de PET para tratamentos das vedações verticais juntamente com o teto jardim e gesso acartonado como revestimento interno, proporcionando conforto adequado aos usuários.



Figura 2 – Escritório Container

Fonte: Lira (2015)

3.4 Container City I e II

Uma construção localizada na região portuária de Londres é composta por um conglomerado de containers de formato e disposições variadas, formando ambientes de usos flexíveis. O Complexo I foi construído em 5 meses, contendo 15 containers residenciais e 5 comerciais em 4 pavimentos (PORTAL METÁLICA, 2016).

Segundo Portal Metálica (2016), os containers receberam alterações (cortes e reforços) e tratamentos (pintura anti-ferrugem) em sua estrutura antes da instalação e recebimento de acabamento.



Figura 3 – Container City
 Fonte: Portal Metálica (2016)

3.5 Chopp Café

Uma lanchonete, localizada na cidade de Jaboticabal/SP, é composta por um container e uma área aberta coberta com telhas metálicas. Neste caso é possível perceber os problemas do sistema construtivo se não forem tomadas precauções mínimas.

Para economia na execução, o proprietário escolheu pela não colocação de revestimentos termoacústicos e acabamentos nas paredes para não perder espaço interno, deixando aparente o relevo ondulado natural. Isso gerou dificuldade no encaixe de móveis e colocação de piso, além de temperaturas altas em alguns horários do dia mesmo havendo grandes aberturas.

Outro problema a se destacar é o fato do container estar apoiado diretamente sobre um contrapiso fino, podendo ocorrer fissuras, além de dificultar a montagem da tubulação de esgoto, e também, aumentar a possibilidade de enferrujamento da base por estar em contato com o chão e as águas pluviais nas chuvas.



Figura 4 – Chopp Café

Fonte: Do Autor (2018)

4 | CONCLUSÕES

Ao analisar o contexto em que vivemos, constata-se que a construção civil é um dos setores que mais consome os recursos naturais e degrada o meio ambiente, gerando uma grande quantidade de resíduos. Uma das possíveis soluções que vem se consolidando é o uso de materiais recicláveis, prática significativa para a sustentabilidade. É neste cenário que nasce o conceito da reutilização de containers marítimos na construção, que tem sido vista como uma alternativa social, ambiental, e economicamente correta, podendo ser implantado em residências, comércios, institucionais e outros.

Há algumas vantagens neste sistema construtivo como a rápida construção, menor percentual de perdas de materiais, estética, facilidade de transporte e custo da construção. Porém, apresenta desvantagens como o custo alto em transportes, limitação nas dimensões, necessidade de acessibilidade à área e altos custos para tratamentos termoacusticos. Vale ressaltar que há uma grande preocupação em relação aos isolamentos necessários para garantir o conforto em seu ambiente construído, principalmente nos climas quente e úmidos (LOPES, 2016).

O reuso de containers na construção civil agrega aspectos positivos, sendo o

container uma solução de projeto que atende a requisitos técnicos de reaproveitamento e adaptação de um material de descarte. Contudo, a construção em container exige grade atenção na elaboração de projeto, em uma correta especificação e balanço custo-benefício dos materiais e intervenções necessários para possibilitar um correto desempenho do ambiente construído.

REFERÊNCIAS

EDWARDS, Brian. O Guia Básico para a Sustentabilidade. Londres, 2005.

KEELER, M. ; BURKE, B. Fundamentos de Projeto de edificações sustentáveis. Porto Alegre: Bookman. 2010.

LIRA, Elton; Projeto de escritório em container. 2015. Disponível em: < <http://arquie.com.br/portfólio/container/>>. Acesso em: 22 mar. 2018

LOPES, G. T. A.; LOIOLA, I. T.; SAMPAIO, A. V. C. F. Arquitetura de Container: Reutilização para Construção Civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

METHA, P. K. A Concrete Technology for Sustainable Development: An Overview of Essential Principles. CANMET/ACI International Symposium on Concrete Technology for Sustainable Development, Vancouver, 1999.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional (BEN), 2011. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2011.pdf> Acesso em: 28 mai. 2018.

OCCHI, Tailene; ROMANINI, Anicoli. Reutilização de containers de armazenamento e transporte como espaços modulados na arquitetura. 2014. 3º Seminário Nacional de Construções Sustentáveis.

PORTAL METALICA (Brasil). Container City: um novo conceito em arquitetura sustentável. Disponível em: <<http://wwwo.metalica.com.br/container-city-um-novoconceito-em-arquitetura-sustentavel>>. Acesso em: 19 mar. 2018.

ROBINSON, A.; SWINDELLS, T. (2012) Customized Container Architecture. In: ACSA Fall Conference 2012. Pp.64- 69

SOTELLO, L. Vida nova para os contêineres. Revista Beach&CO, Guarujá, 2012. Disponível em: <<http://www.beachco.com.br/v2/porto/vida--nova--para--ios--contenineres.html>>. Acesso em: 19 mar. 2018.

XAVIER, M.M. Tetris: o maior Hostel Container do Brasil. 2014. Disponível em: <<http://minhacasacontainer.com/2014/07/04/tetris-o-maior-hostel-container-brasil/>>. Acesso em: 20 mar. 2018

SELO CASA AZUL: ENGENHARIA CIVIL E SUSTENTABILIDADE, UMA PARCERIA QUE PODE DAR CERTO

Data de submissão: 18/11/2019

Data de aceite: 14/02/2020

Aldreen Calábria Soares Santos

MsC

Universidade Federal Fluminense - UFF

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

Niterói/RJ

<http://lattes.cnpq.br/2649834082121851>

Ana Lúcia Torres Seroa da Motta

PhD

Universidade Federal Fluminense - UFF

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

Niterói/RJ

<http://lattes.cnpq.br/0759911871987668>

Luiz Carlos Brasil de Brito Mello

DsC

Universidade Federal Fluminense - UFF

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

Niterói/RJ

<http://lattes.cnpq.br/2416796358949597>

RESUMO: O Selo Casa Azul, conferido pela Caixa, é uma certificação sustentável nacional, pouco conhecida por empreendedores da construção civil (públicos, particulares). Trata-se de um dos segmentos que mais impactam o ambiente, exigindo esforços ao buscar

alternativas e novas tecnologias. Seu objetivo é direcionar projetos de edificação tornando-os socioambientalmente responsáveis. Além de relevante e atual, é um tema amplo, possibilitando inúmeras reflexões e novas abordagens. O presente artigo objetiva descrever os procedimentos para obtenção do Selo Casa Azul, apresentar um exemplo bem sucedido - projeto executado pela prefeitura do Rio de Janeiro - Comunidade Chapéu Mangueira/Babilônia. A pesquisa apresentada tem um caráter teórico, sendo classificada como empírica (tipo); exploratória (objetivos); bibliográfica, estudo de caso (técnica utilizada), fontes bibliográficas e pesquisa da pesquisa. Pretende-se divulgar procedimentos para obter uma certificação totalmente nacional. Desenvolvida para atender às necessidades da realidade brasileira, propondo benefícios aos envolvidos. Como exemplo, tem-se o projeto executado pela prefeitura do Rio de Janeiro - Comunidade Chapéu Mangueira/Babilônia. Os resultados mostram que ao investir neste tipo de projeto, as construtoras adquirem uma imagem mais positiva no mercado, demonstrando responsabilidade e consciência quanto às exigências dos tempos atuais. Ganha o meio ambiente, ao reduzirem as chances de desperdícios de recursos naturais; promove-se a melhor utilização dos mesmos. A sociedade terá a sua disposição, imóveis

melhor preparados para utilizarem os recursos naturais, por conseguinte, redução dos custos de manutenção das residências e conforto ambiental para seus moradores.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia Civil; Sustentabilidade; Certificação Sustentável; Selo Casa Azul.

CASA AZUL STAMP: CIVIL ENGINEERING PLUS SUSTAINABILITY, A PARTNERSHIP THAT MAY WORK

ABSTRACT: The Casa Azul Seal, granted by Caixa, is a national sustainable certification, little known by construction entrepreneurs (public, private). This is one of the sectors that most impact the environment, requiring efforts to seek alternatives and new technologies. Their goal is to direct building projects making them socially and environmentally responsible. More than relevant and current, it is a broad topic, allowing many reflections and new approaches. This article aims to describe the procedures for obtaining Selo Casa Azul, present a successful example - project run by the city of Rio de Janeiro - Community Chapéu Mangueira / Babylon. The research presented has a theoretical character, classified as empirical (type); Exploratory (goals); literature, case study (used technique), bibliographic sources and survey research. The results show that by investing in this type of project, the builders acquire a more positive image in the market, demonstrating responsibility and awareness required now days. Furthermore, helps the environment by reducing the chances of natural resource waste; promoting the best use of them. Society will have at its disposal, properties better prepared to use natural resources, thus reducing maintenance costs of homes, and comfortable environment for its residents.

KEYWORDS: Civil engineering; Sustainability; Sustainable certification; Casa Azul Seal.

1 | INTRODUÇÃO

Com a Revolução Industrial, a ideia era produzir e lucrar. Em meados do século XX, a preocupação é unir desenvolvimento com uso adequado dos recursos naturais. Essa linha de pensamento se prolifera em todo o globo, em todos os segmentos econômicos, em especial na construção civil.

Pisani e Bruna (2014) afirmam que os centros urbanos brasileiros defrontam-se com grandes desafios no que tange a oferecer habitações adequadas a mais de cinco milhões de pessoas em moradias precárias.

Grünberg, Medeiros e Tavares (2014) apontam as atividades da construção civil brasileira como responsável, juntamente, com as de manutenção, por considerável parcela na emissão de CO₂. E ainda, este seja o mais importante subproduto da fabricação de materiais do segmento, incluindo recursos utilizados, extração de matéria prima e beneficiamento.

Santos e Motta (2019) indicam como solução para tais questões, a união entre as práticas atuais adaptadas às exigências da atualidade (recursos escassos, redução de custos de produção e manutenção dos imóveis, entre outros).

O Selo Casa Azul tem por finalidade reconhecer projetos imobiliários que contribuam para “redução de impactos ambientais, [por meio de] critérios vinculados aos temas: qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação dos recursos materiais, gestão de água e práticas sociais” (PISANI; BRUNA, 2014).

Este artigo objetiva a divulgação dos procedimentos para obtenção do Selo Casa Azul, apresentando um projeto executado pela prefeitura do Rio de Janeiro/RJ. O mesmo propiciou a retirada de 16 famílias da Comunidade Chapéu Mangueira/Babilônia de uma área, determinada como preservação ambiental por especialistas, a qual apresentava riscos para ocupação. Foram essenciais novas técnicas que viabilizassem a habitação no local. As famílias foram direcionadas a uma edificação sustentável, melhor preparada para atender às necessidades das mesmas. Este trabalho resultou de parte de uma pesquisa detalhada sobre sustentabilidade e construção civil, gerando uma dissertação sobre o Selo Casa Azul e suas contribuições para o setor.

2 | SELO CASA AZUL: INCENTIVANDO A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

2.1 Contextualizando o surgimento do Selo Casa Azul

O maior desafio do desenvolvimento sustentável é adaptar velhas práticas produtivas à realidade atual. “Aplicar tal conceito [...] é buscar em cada atividade formas de diminuir o impacto ambiental e aumentar a justiça social dentro do orçamento disponível.” (JOHN et al., 2010).

A construção civil é uma atividade com forte impacto ambiental no país e segundo Degani (2010), o maior estímulo é a preservação do meio ambiente, suprimir o déficit habitacional e questões relacionadas à infraestrutura.

Se por um lado a Confederação Nacional da Indústria (2014) informou que a indústria da construção civil brasileira corresponde a 22% do PIB Industrial, por outro, esta sofre um “prejuízo de 19 bilhões de reais por ano, devido à ineficiência de sua cadeia produtiva” (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2014).

Grünberg, Medeiros e Tavares (2014) expõem a necessidade de mudanças no setor, de modo a adequar-se às agendas de sustentabilidade e a promoção de métodos avaliativos dos impactos ambientais das edificações.

A grande dificuldade de implementar metodologias internacionais de avaliação ambiental no Brasil é seu atendimento nos itens de avaliação, visto que muitos pontos são relativos às características construtivas do país de origem (RODRIGUES et al., 2010).

Para combater essa dificuldade foi criado o Selo Casa Azul. Conforme Castro

Filho (2013), o selo apresenta um sistema de classificação de projetos ofertados no Brasil, no quesito: sustentabilidade adaptada à realidade nacional.

A Figura 1 mostra o contexto que propiciou a criação do Selo Casa Azul.

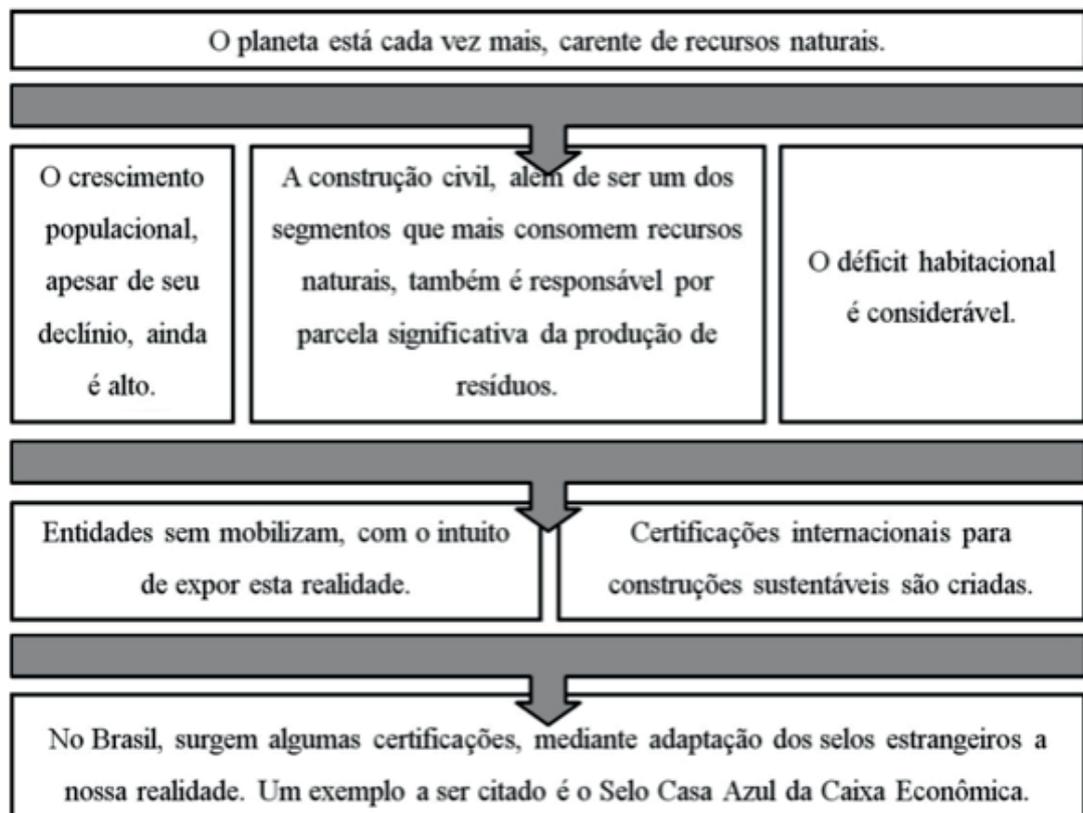


Figura 1 - Contexto de criação do Selo Casa Azul

Fonte: Santos, 2017.

Santos e Motta (2019) sugerem que a iniciativa privada tome parte na solução destas questões, como por exemplo, na redução do déficit habitacional. Se antes, tal atitude era entendida como de responsabilidade governamental, agora pode ser uma oportunidade de aumentar lucros e gerar uma imagem positiva diante da sociedade.

2.2 Conhecendo o Selo Casa Azul, suas categorias e níveis de gradação

A engenharia civil, responsável pela área construída da qual se beneficia a sociedade, responde por parcela considerável na produção de resíduos, poluentes e erosão.

O Selo Casa Azul é uma classificação socioambiental dos projetos de conjuntos habitacionais financiados pela CAIXA, com o objetivo de identificar os projetos que adotam soluções mais sustentáveis em várias fases do ciclo de vida: projeto, construção, uso, ocupação e manutenção dos edifícios (PISANI; ZEIN, 2014).

John *et al.* (2010) indicam o Selo Casa Azul como promotor da adoção de práticas adequadas quanto ao uso dos recursos naturais em empreendimentos imobiliários; auxilia redução de custos na manutenção; proporcionando maior difusão das ideias e

vantagens quanto às edificações sustentáveis.

[...] para uma habitação mais sustentável, é necessário aproveitar ao máximo as condições bioclimáticas regionais; seus aspectos geográficos, [buscando a] manutenção de áreas permeáveis, arborizadas, promover a gestão de resíduos, uso eficiente de água e energia. A certificação é uma forma de incentivar a adoção de práticas de sustentabilidade na construção civil, nas obras financiadas pelo Banco. (BRUNA, 2014).

Qualidade Urbana	A primeira etapa do planejamento do empreendimento. Trata-se da escolha adequada do local com: integração da habitação com a cidade e atendimento às necessidades dos futuros moradores
Projeto e Conforto	Aspectos relacionados ao planejamento e à concepção do projeto do empreendimento: adaptação às condições climáticas; adaptação às características físicas e geográficas do local e do terreno; e previsão de espaços destinados a usos e fins específicos.
Eficiência Energética	Medidas para tornar o uso e operação das edificações mais eficientes com relação à conservação de energia: equipamentos mais eficientes; fontes alternativas de energia; dispositivos economizadores.
Conservação de Recursos Materiais	Avalia o uso racional de materiais de construção; define ações para evitar o desperdício e reduzir a quantidade de resíduos de obra; incentiva o uso de madeira plantada ou certificada.
Gestão da Água	Avalia aspectos relacionados à redução do consumo de água, por meio do uso de dispositivos economizadores e gestão do uso da água no edifício.
Práticas Sociais	Busca promover a sustentabilidade do empreendimento por meio de ações que envolvam: empreendedores; construtoras; trabalhadores; moradores do entorno e futuros moradores.

Quadro 1 - Categorias do Selo Casa Azul

Fonte: Castro Filho, 2013

O Quadro 1 descreve informações referentes às categorias contempladas pelo Selo Casa Azul.

Ao adotar as categorias, promove-se “uma economia substancial de recursos naturais contribuindo não apenas para a manutenção do equilíbrio ambiental como também na redução de gastos” (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2015).

John et al. (2010) apontam seis critérios, de modo que o candidato possa orientar suas atividades de modo responsável. Aquele que tiver por intuito certificar o seu empreendimento, deverá cumprir alguns requisitos.

Os Quadros 2 e 3 apresentam todos os requisitos em cada categoria, a indicação dos critérios obrigatórios e os de livre escolha.

QUADRO RESUMO – CATEGORIAS, CRITÉRIOS E CLASSIFICAÇÃO			
CATEGORIAS/CRITÉRIOS	CLASSIFICAÇÃO		
	BRONZE	PRATA	OURO
1. QUALIDADE URBANA			
1.1 Qualidade do Entorno - Infraestrutura	obrigatório		
1.2 Qualidade do Entorno - Impactos	obrigatório		
1.3 Melhorias no Entorno			
1.4 Recuperação de Áreas Degradadas			
1.5 Reabilitação de Imóveis			
2. PROJETO E CONFORTO			
2.1 Paisagismo	obrigatório		
2.2 Flexibilidade de Projeto			
2.3 Relação com a Vizinhança			
2.4 Solução Alternativa de Transporte			
2.5 Local para Coleta Seletiva	obrigatório		
2.6 Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos	obrigatório		
2.7 Desempenho Térmico - Vedações	obrigatório		
2.8 Desempenho Térmico - Orientação ao Sol e Ventos	obrigatório		
2.9 Iluminação Natural de Áreas Comuns			
2.10 Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros			
2.11 Adequação às Condições Físicas do Terreno			
3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA			
3.1 Lâmpadas de Baixo Consumo - Áreas Privativas	obrigatório p/ HIS - até 3 s.m.	critérios obrigatórios + 6 itens de livre escolha	critérios obrigatórios + 12 itens de livre escolha
3.2 Dispositivos Economizadores - Áreas Comuns	obrigatório		
3.3 Sistema de Aquecimento Solar			
3.4 Sistemas de Aquecimento à Gás			
3.5 Medição Individualizada - Gás	obrigatório		
3.6 Elevadores Eficientes			
3.7 Eletrodomésticos Eficientes			
3.8 Fontes Alternativas de Energia			
4. CONSERVAÇÃO DE RECURSOS MATERIAIS			
4.1 Coordenação Modular			
4.2 Qualidade de Materiais e Componentes	obrigatório		
4.3 Componentes Industrializados ou Pré-fabricados			
4.4 Formas e Escoras Reutilizáveis	obrigatório		

Quadro 2 - Quadro resumo: categorias, critérios e classificação (parte 1)

Fonte: Jonh et al., 2010

QUADRO RESUMO – CATEGORIAS, CRITÉRIOS E CLASSIFICAÇÃO			
CATEGORIAS/CRITÉRIOS		CLASSIFICAÇÃO	
4. CONSERVAÇÃO DE RECURSOS MATERIAIS		BRONZE	PRATA
4.5	Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	obrigatório	
4.6	Concreto com Dosagem Otimizada		
4.7	Cimento de Alto-Forno (CP III) e Pozolânico (CP IV)		
4.8	Pavimentação com RCD		
4.9	Facilidade de Manutenção da Fachada		
4.10	Madeira Plantada ou Certificada		
5. GESTÃO DA ÁGUA			
5.1	Medição Individualizada - Água	obrigatório	
5.2	Dispositivos Economizadores - Sistema de Descarga	obrigatório	
5.3	Dispositivos Economizadores - Arejadores		
5.4	Dispositivos Economizadores - Registro Regulador de Vazão		
5.5	Aproveitamento de Águas Pluviais		
5.6	Retenção de Águas Pluviais		
5.7	Infiltração de Águas Pluviais		
5.8	Áreas Permeáveis	obrigatório	
6. PRÁTICAS SOCIAIS			
6.1	Educação para a Gestão de RCD	obrigatório	
6.2	Educação Ambiental dos Empregados	obrigatório	
6.3	Desenvolvimento Pessoal dos Empregados		
6.4	Capacitação Profissional dos Empregados		
6.5	Inclusão de trabalhadores locais		
6.6	Participação da Comunidade na Elaboração do Projeto		
6.7	Orientação aos Moradores	obrigatório	
6.8	Educação Ambiental dos Moradores		
6.9	Capacitação para Gestão do Empreendimento		
6.10	Ações para Mitigação de Riscos Sociais		
6.11	Ações para a Geração de Emprego e Renda		
			critérios obrigatórios + 6 itens de livre escolha
			critérios obrigatórios + 12 itens de livre escolha

Quadro 3 - Quadro resumo: categorias, critérios e classificação (parte 2)

Fonte: John et al., 2010

John *et al.* (2010) indicam aos empreendedores que busquem a certificação cumprindo os requisitos, vindo a concorrer a três níveis de gradação. São eles:

- Bronze: critérios obrigatórios;
- Prata: critérios obrigatórios e mais 06 critérios de livre escolha;
- Ouro: critérios obrigatórios e mais 12 critérios de livre escolha.

“Sendo o nível Bronze o menos exigente, impondo apenas o cumprimento dos itens obrigatórios. Possui uma regra de inscrição diferenciada, baseada no valor de avaliação da unidade habitacional” (PIMENTEL, 2013).

No Quadro 4, são apresentados os valores máximos, seguidos das localidades vinculadas, para solicitações visando a gradação nível Bronze. “Caso o projeto ultrapasse os referidos custos, o mesmo deverá enquadrar-se, no mínimo, no nível Prata” (JOHN et al., 2010).

Localidades	Valor de avaliação - unidade habitacional
<ul style="list-style-type: none"> • Distrito Federal • Cidades de São Paulo e Rio de Janeiro • Municípios com população igual/superior a 1 milhão de habitantes - regiões metropolitanas dos Estados de SP e RJ 	Até R\$ 130.000,00
<ul style="list-style-type: none"> • Municípios com população igual/superior a 250 mil habitantes • Região Integrada do Distrito Federal, entorno nas demais regiões metropolitanas e nos municípios em situação de conurbação com as capitais estaduais (exceto RJ e SP) 	Até R\$ 100.000,00
<ul style="list-style-type: none"> • Demais municípios 	Até R\$ 80.000,00

Quadro 4 - Limites de valor e localidades - Selo Casa Azul (Nível Bronze)

Fonte: Jonh et al., 2010

2.3 Procedimentos para a concessão do Selo Casa Azul

A certificação propõe solução a muitos questionamentos, haja vista que estes promovem a construção de unidades habitacionais sustentáveis.

Como funciona o Selo Casa Azul? O proponente interessado se compromete a atender aos critérios estabelecidos para as categorias, apresenta a documentação para análise, o projeto será classificado de acordo com os critérios atendidos e [mediante o] acompanhamento das obras e serviços (MOTTA, 2012).

John et al. (2010) informam que para a concessão realizar-se-ão alguns procedimentos. A **entrega de documentos** para a análise, conforme os modelos concedidos pela entidade, assinados pelo responsável técnico e representante legal; sendo garantida a instituição o direito de solicitar outros documentos, se necessário.

[São necessários os documentos:] aprovação do projeto pela Prefeitura, órgãos ambientais, concessionárias de água, esgoto, energia; cumprir regras dos programas/linhas de financiamento; apresentar documentos exigidos; atendimento à Ação Madeira Legal (inclusive repasse) (MOTTA, 2012).

John *et al.* (2010) indicam que a **verificação dos critérios** será outorgada mediante análise do projeto, bem como a definição do nível de gradação. Para concluir a **concessão do selo**, a Caixa fornecerá material de apoio e orientações quanto ao correto preenchimento dos formulários. Fará a análise do projeto e, emitirá certificado de concessão. Vale mencionar que a concessão não terá custos para o proponente. Contudo, existe a cobrança de taxa de análise técnica, recolhida no momento da entrega dos documentos. Este cálculo tem por base o apresentado abaixo, de modo que não extrapole o valor limite de R\$ 328,00 (Trezentos e vinte e oito reais).

Cálculo:

$$\text{Taxa} = 40,00 + 7 (n-1) \quad (1)$$

Sendo: n = número de unidades habitacionais

Nome do Empreendimento	Unid	Proponente	Local	Nível	Critérios
Residencial Bonelli	45	Construtora Rogga	Joinville/SC	Ouro	32
Condomínio E e G - Paraisópolis	117	Prefeitura de São Paulo	São Paulo/SP	Ouro	39
Ed. HAB2 - Chapéu Manguieira/Babilônia	16	Prefeitura do Rio de Janeiro	Rio de Janeiro/RJ	Ouro	32
Ville Barcelona	32	Construtora PRECON	Betim/MG	Prata	29
Residencial Guaratinguetá	35	Construtora Bairro Novo	Santo André/SP	Ouro	35
Residencial Parque Jequitibá	62	Construtora Mazzini Gomes	Vitória/ES	Ouro	33
Jardins Manguieiral	2514	Construtora Bairro Novo	Brasília/DF	Ouro	32
Residencial Brahma	131	Construtora Viana e Moura	Garanhuns/PE	Ouro	29
Vila dos Atletas - Condomínio 1	476	Ilha Pura Empreendimentos Imobiliários	Rio de Janeiro/RJ	Ouro	31
Vila dos Atletas - Condomínio 2	408	Ilha Pura Empreendimentos Imobiliários	Rio de Janeiro/RJ	Ouro	31
Vila dos Atletas - Condomínio 3	544	Ilha Pura Empreendimentos Imobiliários	Rio de Janeiro/RJ	Ouro	31
Vila dos Atletas - Condomínio 5 - 680 UH	680	Ilha Pura Empreendimentos Imobiliários	Rio de Janeiro/RJ	Ouro	31
Vila dos Atletas - Condomínio 7	544	Ilha Pura Empreendimentos Imobiliários	Rio de Janeiro/RJ	Ouro	31
Vila dos Atletas - Condomínio 9	408	Ilha Pura Empreendimentos Imobiliários	Rio de Janeiro/RJ	Ouro	31
Residencial Diamante do Lago	180	JP Arquitetura e Construção	Palmas/TO	Prata	24
Residencial Perola da Pedra	80	VITA Construtora	Palhoça/SC	Ouro	36
Edifício Arthe Azul	24	TheEng Empreendimentos	Teresina/PI	Ouro	31
Bela Cintra	112	Even Construtora e Incorporadora	São Paulo/SP	Ouro	31

Quadro 5 - Empreendimentos certificados pelo Selo Casa Azul

Fonte: Quinto, 2013; Quinto e Motta, 2015

No Quadro 5, encontram-se os projetos certificados pelo Selo Casa Azul: proponentes, local de construção, nível de gradação e quantos critérios foram atendidos em cada um deles.

A Coordenação de Planejamento e Projetos, da Secretaria Municipal de Habitação da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, informou a conclusão do projeto em março/2013, como parte integrante dos projetos de urbanização das comunidades Chapéu Manguieira/Babilônia, denominado Morar Carioca. As unidades habitacionais estão ocupadas por moradores atingidos pelas obras de urbanização no local.

Cabe destacar, a adoção do Selo Casa Azul é voluntária, implicado em menores taxas de financiamento. Segundo Benevides (2012), são:

- Apoio à produção - Recursos SBPE/Residencial: Taxa normal: 9,92%, Selo Casa Azul (nível prata ou ouro): 8,80%
- Financiamento à produção - MPE/Residencial SBPE: Taxa normal: 11,50%, Selo Casa Azul (nível prata ou ouro): 9,30%
- Plano Empresa da Construção Civil (PEC) - Residencial SBPE: Taxa normal: 10,30%, Selo Casa Azul (nível prata ou ouro): 8,80%

3 | METODOLOGIA

A pesquisa realizada apresenta um caráter teórico, valendo-se de inúmeros conceitos e definições, muitas vezes, ponto de partida para discorrer sobre os assuntos abordados ao longo deste artigo. Pode ser classificada por empírica visto que faz uso de cartilhas, material informativo publicado por órgãos governamentais, entidades de classe, voltados para construção civil.

Apresenta uma natureza exploratória, uma vez que se caracteriza por sua amplitude, propicia maior divulgação e conhecimento acerca do Selo Casa Azul, descrevendo procedimentos e fases do processo para obtenção do mesmo.

A pesquisa bibliográfica consistiu em: (i) pesquisar na base de dados da CAPES, utilizando palavras chaves como: construção civil, sustentabilidade, certificações sustentáveis, Selo Casa Azul (reuniu-se considerável número de trabalhos científicos); (ii) através da leitura dos mesmos foi feita uma seleção dos mais relevantes e atuais, compreendidos no período entre 2010-2015.

Para completar a pesquisa bibliográfica, a Caixa Econômica cedeu inúmeros documentos e cartilhas: materiais significativos que embasaram consideravelmente este trabalho.

A pesquisa realizada pode ser classificada como um estudo de caso, haja vista o número reduzido de projetos certificados pelo Selo Casa Azul da Caixa (dezoito empreendimentos, ao todo), vide Quadro 5.

As informações coletadas na pesquisa reuniram uma gama de materiais fornecidos pela Caixa Econômica, Prefeitura do Rio de Janeiro, entre outras organizações envolvidas, visando reunir o máximo de informações a respeito do Selo Casa Azul, e procedimentos para sua concessão.

Em uma nova etapa, foi realizada uma entrevista estruturada com o arquiteto responsável pela elaboração do projeto Ed. HAB2 - Chapéu Mangueira/Babilônia, executado pela Prefeitura do Rio de Janeiro/RJ, e membros da Gerência de Terras. Por fim, uma visita técnica ao empreendimento imobiliário possibilitou observar as especificidades exigidas pela certificação, presentes no projeto.

4 | A EXPERIÊNCIA NO CHAPÉU MANGUEIRA/BABILÔNIA

A seguir, tem-se as informações concedidas pelo sr Flávio Teixeira, arquiteto responsável, pelo projeto Ed. HAB2-Chapéu Mangueira, através de uma entrevista realizada em 22.11.2013, na Secretaria Municipal de Habitação do Rio de Janeiro.

Ao idealizar o projeto Ed. HAB2 - Chapéu Mangueira/Babilônia, não se objetivava a certificação Selo Casa Azul. Toda a urbanização estava centrada em um programa do governo municipal do Rio de Janeiro/RJ, conhecido Morar Carioca de Urbanização Sustentável. Neste, contempla-se, entre outros, o projeto Morar Carioca Verde. O empreendimento fora planejado com base nas diretrizes da sustentabilidade, desde o início. Com a adoção do Selo Casa Azul, foram necessárias algumas adequações, de modo que o projeto se enquadrasse em determinados requisitos (informação verbal).

A escolha das famílias foi de responsabilidade da Gerência de Terras, por se tratar de questões fundiárias; contatar as famílias e identificar quais desejariam receber: indenização (devido a desapropriação), nova unidade habitacional ou auxílio aluguel. Mensurar quantas famílias seriam reassentadas, devido ao projeto ou por ocuparem áreas de risco, de preservação ambiental. Notadamente, no Ed. HAB2 - Chapéu Mangueira/Babilônia, as pessoas que residiam neste local onde foi erigido, estavam em área de risco e preservação ambiental. Assim, foram deslocadas até a conclusão da obra. A Gerência de Terras preparou documentação necessária, regularizando a situação das famílias. Neste caso específico, não foi exigida contrapartida e, após cinco anos da entrega, o imóvel deixa de pertencer a prefeitura carioca e passa a ser propriedade de seus moradores, oficialmente (informação verbal).

Além da Caixa, a Prefeitura fez parcerias com outras entidades, como o grupo GIZ (instituto alemão ligado ao Ministério do Meio Ambiente, atuante em vários países, no fornecimento de tecnologias para a produção de placas solares). O projeto desenvolvido na Comunidade Chapéu Mangueira/Babilônia exigia algumas especificidades e para isso, foram necessárias algumas consultorias externas. A certificação impõe algumas exigências, como Selo PROCEL, eficiência energética, fornecedores ambientalmente responsáveis (informação verbal).



Figura 1 - Fachada do Ed HAB2 Chapéu Mangureira/Babilônia

Fonte: Benevides, 2012; Arquitraço, 2015 e Arquivo Pessoal

O empreendimento contemplou 32 critérios, conferindo-lhe o nível Ouro. O Quadro 6 apresenta as categorias e cada um dos critérios (obrigatórios e eletivos) atendidos.

Categorias	Critérios
Qualidade Urbana	<ul style="list-style-type: none"> • Obrigatórios: Qualidade do entorno (infraestrutura e impactos); • Eletivos: Melhoria no entorno, recuperação de áreas degradadas.
Projeto e conforto	<ul style="list-style-type: none"> • Obrigatórios: Paisagismo, local para coleta seletiva, equipamentos de lazer, sociais e esportivos, desempenho térmico (vedações, orientações ao sol e ventos); • Eletivos: Iluminação natural de áreas comuns, ventilação e iluminação natural de banheiros, adequação às condições físicas do terreno.
Gestão da água	<ul style="list-style-type: none"> • Obrigatórios: Medição individualizada da água, dispositivos economizadores (sistema de descarga); • Eletivos: Dispositivos economizadores (arejadores), aproveitamento de águas pluviais.
Eficiência energética	<ul style="list-style-type: none"> • Obrigatórios: Lâmpadas de baixo consumo (áreas privativas), dispositivos economizadores (áreas comuns), medição individualizada de gás; • Eletivos: Sistema de aquecimento solar.
Conservação do recursos materiais	<ul style="list-style-type: none"> • Obrigatórios: Qualidade de materiais e componentes, formas e escoras reutilizáveis, gestão de resíduos de construção de demolição (RCD); • Eletivos: Modulação de projetos, componentes industrializados ou pré-fabricados, facilidade de manutenção da fachada.
Gestão da água	<ul style="list-style-type: none"> • Obrigatórios: Medição individualizada da água, dispositivos economizadores (sistema de descarga); • Eletivos: Dispositivos economizadores (arejadores), aproveitamento de águas pluviais.
Práticas sociais	<ul style="list-style-type: none"> • Obrigatórios: Educação para a Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), educação Ambiental dos Empregados, orientação aos moradores; • Eletivos: Inclusão de trabalhadores locais, educação ambiental dos moradores, capacitação para gestão do empreendimento.

Quadro 6 - Síntese: categorias e critérios atendidos: Ed. HAB2 - Chapéu Mangureira/Babilônia
Fonte: Quinto; Motta, 2015

De acordo com a Prefeitura do Rio de Janeiro (2012), este projeto piloto é comprometido com o desenvolvimento sustentável, adoção de novas tecnologias e apresenta alguns compromissos: **Infraestrutura** - 100% obras de retaguarda, redes de esgoto e drenagem, criação de um Centro Cívico da Babilônia (área de lazer); **Acessibilidade** - via de serviço (trecho1), reurbanização da Ladeira Ary Barroso; **Edificações** - 16 unidades habitacionais certificadas: estrutura metálica, vedação - externa com placa cimentícia e interna em bloco celular, implantação de sistema SISTEG - tratamento do esgoto por gravidade (reuso da água para limpeza urbana), aquecimento dos chuveiros com sistema de placa solar, medidores individuais de água, eficiência energética (lâmpadas LED); melhorias habitacionais (em torno de 20 edificações ao longo do trecho 1 da via de serviço).

Muitos são os benefícios apresentados pelo projeto da casa sustentável. Vale salientar, que o mesmo é dedicado à diminuição do consumo de água e energia elétrica, entre outros quesitos.

Ao fazer uso do aquecimento solar para o fornecimento de água quente, no banheiro, por exemplo, isso representa uma economia considerável. Haja vista que Santos e Motta (2017) informam que o consumo de energia por parte do chuveiro elétrico representa 24% do consumo de energia residencial. E segundo, SICEPOT (2014), a economia de consumo de água pode atingir até 40%, quando adotadas as alterações sustentáveis nos projetos de edificação.

Nas Figuras 2 e 3, observam-se as plantas baixas da edificação, Pavimento Térreo e Unidade PNE, respectivamente.

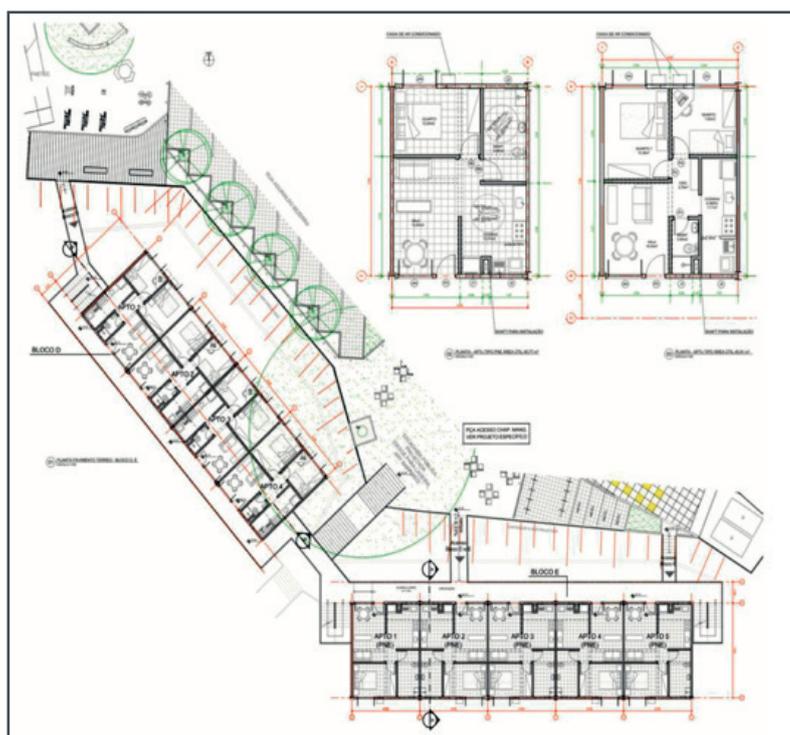


Figura 2 - Planta Baixa (Pavimento Térreo HAB1)

Fonte: Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, 2013

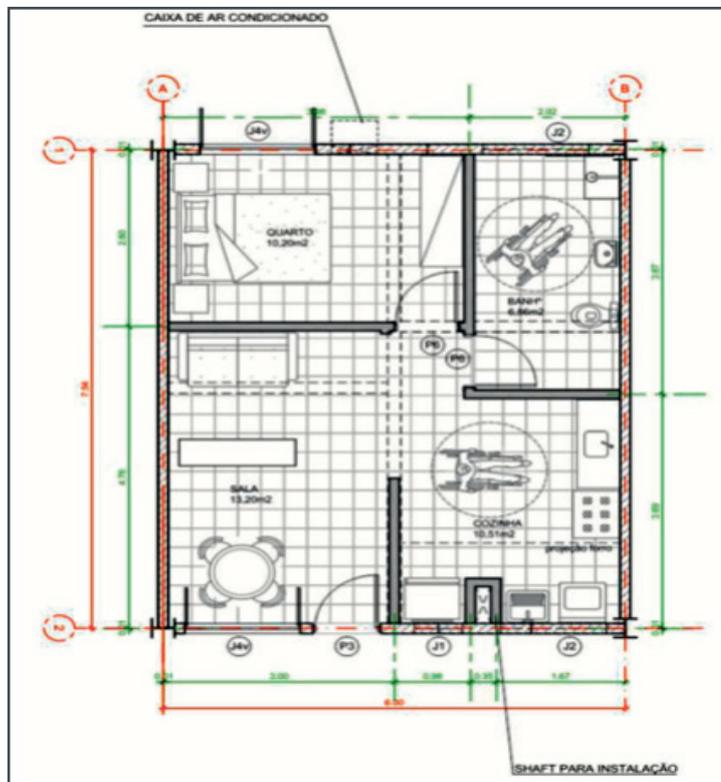


Figura 3 - Planta Baixa (PNE)

Fonte: Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, 2013

Observe o Quadro 7, outras iniciativas sustentáveis que compõem o projeto Ed. HAB2 Chapéu Mangueira/Babilônia.

Tópicos	Descrição
Áreas verdes	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperação das Áreas de Preservação Ambiental (APA) • Aumento da cobertura vegetal • Reflorestamento • Contenção de jardins verticais • Microjardinagem
Segurança e saúde	<ul style="list-style-type: none"> • Saneamento ambiental • Gestão de resíduos • Coleta seletiva • Ecoponto
Controle urbano	<ul style="list-style-type: none"> • Controle de expansão urbana (POUSO) • Monitoramento da APA • Construção de Via Limite
Redução emissões	<ul style="list-style-type: none"> • Materiais alternativos de baixa emissão • Piso plástico reciclado ou drenantes • Bueiros em plástico reciclado
Redução consumo	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos de menor consumo energético • Melhoria do conforto térmico • Melhorias habitacionais
Redução de resíduos	<ul style="list-style-type: none"> • Construção limpa • Reuso de material de demolição
Economia local	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de dois centros comerciais • Incentivo Turismo Ecológico • Construção centro cultural

Quadro 7 - Outras iniciativas sustentáveis

Fonte: Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, 2013

5 | CONCLUSÕES

O Selo Casa Azul é uma certificação nacional de sustentabilidade direcionada à realidade brasileira, buscando atingir, em especial, a população de baixa renda. Considerando que as linhas de financiamento beneficiam empreendedores e famílias, principalmente, as carentes que vivem em áreas de risco ou preservação ambiental, muitos terão maiores oportunidades em adquirir sua casa própria.

O maior desafio encontra-se na disseminação do conceito da sustentabilidade e, sobretudo, na quebra de paradigmas, fazendo com que o empreendedor da construção civil perceba um nicho de mercado que se descortina à frente dele.

Habitações Sustentáveis exigem maiores investimentos, mas em longo prazo, implicam em economia de manutenção e conservação. Ao equilibrar custos de produção das unidades habitacionais sustentáveis, paralelamente, a financiamentos com taxas reduzidas, pode-se criar um sistema, de alta lucratividade para os atores envolvidos.

Ed. HAB2 - Chapéu Mangueira/Babilônia é um dos projetos certificados, mas há muito a ser analisado: a adaptação dos moradores às novas residências, bem como avaliação periódica dos custos de manutenção, mensurando de forma pormenorizada, os ganhos advindos com a certificação.

Contudo, por ser um assunto novo, não existe no mercado um relatório no qual sejam especificados tais custos, assim como o retorno obtido, ao longo do tempo. Tal estudo representará forte argumentação, no intuito de obter maior adesão de empreendedores (públicos e privados) à ideia de que construções sustentáveis são possíveis, lucrativas e, até direcioná-los para um nicho de mercado pouco explorado: famílias de baixa renda.

O Selo Casa Azul vem ao encontro de toda essa ideia. É uma adaptação a esta nova realidade no ambiente da construção civil, mais adequada àquela vivenciada no país.

6 | AGRADECIMENTOS

À CAPES por fornecer subsídios para o meu trabalho de pesquisa, sem eles jamais teria conseguido concluir o estudo. À Universidade Federal Fluminense (UFF), especialmente, aos integrantes do Programa Pós-Graduação em Engenharia Civil: coordenação, professores e funcionários. À Caixa Econômica, representada pelas equipes de Assessoria de Imprensa e Gerência Nacional de Sustentabilidade e Responsabilidade Socioambiental, através das Sras Sandra Cristina Bertoni Serna Quinto, Mara Luisa Alvim Motta e o Sr Carlos Abrantes Silva por concederem informações que embasaram este trabalho.

REFERÊNCIAS

- ARQUITRAÇO. **Babilônia Chapéu Mangueira**. Disponível em: <<http://www.arquitraco.com.br/#/projeto>> Acesso em 28 mar. 2015
- BENEVIDES, Jean Rodrigues. **Experiências na implantação do Selo Azul em projetos habitacionais de interesse social**. In: 84º ENCONTRO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, Belo Horizonte, 2012. Tópicos temáticos... Belo Horizonte: GN Meio Ambiente, 2012.
- BRUNA, Gilda Collet. **Habitação Social: um passo da sustentabilidade**. In: III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - Arquitetura, Cidade e Projeto: uma construção coletiva, 2014, São Paulo. Anais... São Paulo: ANPARQ, 2014. p. 01-18.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **País mais eficiente, país mais justo**. Brasília: Strategy & Fomely Booz & Company, 2014.
- CASTRO FILHO, Hélio Antônio Rossi de. **Percepção de empresas construtoras em relação aos programas de classificação da sustentabilidade de projetos de construção habitacional: um estudo de caso Selo Casa Azul Caixa**. Porto Alegre/RS: UFRS, 2013.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Sondagem Indústria da Construção. In: 86º Encontro Nacional da Construção, 2014, Goiânia. Tópicos temáticos... Goiânia: CNI, 2014.
- DEGANI, C. M. **Modelo de gerenciamento da sustentabilidade de facilidades construídas**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2010.
- GRÜNBERG, Paula Regina Mendes; MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de; TAVARES, Sérgio Fernando. **Certificação Ambiental de Habitações: comparação entre LEED for Homes, Processo Acqua e Selo Casa Azul**. Sociedade & Ambiente. São Paulo, v. 17, n. 2, p. 195-214, Abr.-Jun. 2014.
- JOHN, Vanderley Moacyr et al. **Selo Casa Azul: boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Construções sustentáveis**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/component/k2/item/10317-eixos-tem%C3%A1ticos-constru%C3%A7%C3%B5es-sustent%C3%A1veis>> Acesso em: 22 mar. 2015.
- MOTTA, Mara Luisa Alvim. **Selo Casa Azul Caixa**. São Paulo: Oficina Sindiscon, 2012.
- PIMENTEL, Gabriel Meliga. **Análise comparativa da certificação de construção sustentável LEED-NC e do Selo Casa Azul da Caixa**. Niterói/RJ: UFF, 2013.
- PISANI, Maria Augusta Justi; BRUNA, Gilda Collet. **Projetos sustentáveis na urbanização de favela em São Paulo: os conjuntos do arquiteto Edson Elito em Paraisópolis**. In: I CONGRESO INTERNACIONAL DE VIVIENDA COLECTIVA SOSTENIBLE, Barcelona, 2014, Anais... Barcelona: Máster Laboratorio de la Vivienda Sostenible del Siglo XXI, 2014. p. 19-29.
- PISANI, Maria Augusta Justi; ZEIN, Lúgia Verde. **Habitação Social Brasileira no século XXI: quantidade x qualidade**. In: III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - Arquitetura, Cidade e Projeto: uma construção coletiva, 2014, São Paulo. Anais... São Paulo: ANPARQ, 2014. p. 01-18.
- PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. **Relatório de Empreendimento Candidato ao Selo Casa Azul – Unidades Habitacionais**. Rio de Janeiro, 2012.
- QUINTO, Sandra Cristina Bertoni Serna. **Informações atuais sobre o Selo Azul**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: <gersa02@caixa.gov.br> em: 27 set. 2013.

QUINTO, Sandra Cristina Bertoni Serna; MOTTA, Mara Luisa Alvim. **Selo Casa Azul**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: <gersa02@caixa.gov.br> em: 23 set. 2015.

RODRIGUES, Monique Cordeiro *et al.*. **A aplicação da ferramenta de certificação LEED para avaliação de edifícios sustentáveis no Brasil**. In: Congresso Latino-Americano da Construção Metálica, São Paulo. Anais... São Paulo: Associação Brasileira da Construção Metálica, 2010. P. 01-13

SANTOS, Aldreen Calábria Soares. **Habitação não sustentável versus sustentável: uma análise financeira sob as premissas do Selo Casa Azul**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ, 2017.

SANTOS, Aldreen Calábria Soares, MOTTA, Ana Lúcia Torres Seroa da (2017). **Energia solar: fonte alternativa de energia e suas implicações econômicas**. In: A. L. T. S. Motta (org). Riscos urbanos decorrentes do aquecimento global (pp. 99-135). Rio de Janeiro: Plubit.

SANTOS, Aldreen Calábria Soares; MOTTA, Ana Lúcia Torres Seroa da; MELLO, Luiz Carlos Brasil de Brito. **Sustainability and Civil Engineering: Believe in this idea too**. International Journal of Engineering & Technology (IJET-IJENS), Rawalpindi, v. 19, n. 4, p. 23-37. 2019.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO PESADA NO ESTADO DE MINAS GERAIS (SICEPOT/MG). **Manual de sustentabilidade no canteiro de obras**. Belo Horizonte: SICEPOT/MG, 2014.

INFLUÊNCIA DAS CHUVAS NO USO DE TRANSPORTE PÚBLICO: UM ESTUDO BASEADO NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

Data de aceite: 14/02/2020

Maria Teresa Françoso

Link lattes: <http://lattes.cnpq.br/3015549135903549>

Wilson Aparecido Sedano Filho

Link lattes: <http://lattes.cnpq.br/9172857075587283>

RESUMO: A influência do clima na performance e na demanda do transporte público urbano tem sido objeto de pesquisa em regiões temperadas e continentais, principalmente na Europa Ocidental, na América do Norte e na Austrália. Entretanto, os impactos causados pela chuva no transporte público em regiões tropicais e subtropicais ainda permanecem desconhecidos. Neste sentido, o presente estudo, tomando como referência as quatro linhas de ônibus circulares mais utilizadas no município de São Paulo, correlaciona a utilização deste meio de transporte aos índices pluviométricos das respectivas regiões estudadas. Para tanto, utiliza-se a correlação de *Spearman*. Os dados pluviométricos considerados provêm de nove diferentes postos e são referentes ao ano de 2017. Os resultados indicam que, embora os coeficientes de correlação encontrados sejam fracos, todas as linhas estudadas sofrem influência da

precipitação em suas demandas diárias.

ABSTRACT: The influence of weather on the performance and demand of public urban transport has been the object of research in temperate and continental regions, mainly in Western Europe, North America and Australia. However, rainfall impacts on public transport in tropical and subtropical regions are still unknown. This paper redresses this gap by taking as reference the four most used bus lines in the city of São Paulo and correlating their use to rain statistics of the respective regions studied. For this purpose, the Spearman correlation is used. The pluviometric data considered in this study come from nine different stations and refer to the year 2017. The results indicate that, although the correlation coefficients found are weak, all lines studied are influenced by rain in their daily demands.

1 | INTRODUÇÃO

O transporte público urbano tem um papel essencial na manutenção de atividades cívicas e econômicas de uma localidade, fornecendo, então, uma opção de mobilidade sustentável e de massa para as populações urbanas (TAO et al., 2018). Como esta atividade é exposta ao ambiente externo, o clima é um importante fator

determinante.

O impacto das condições climáticas na demanda de viagens tem sido estudado no contexto rodoviário relacionando-as aos níveis de intensidade de chuva, neve, neblina e vento (MAZE et al., 2006). Além disso, condições climáticas adversas são responsáveis por afetar decisões de viagem relativas ao meio de transporte, hora de partida e escolha do trajeto, como identificado por Khattak e Palma (1997) e Palma e Rochat (1999).

Nota-se então, a necessidade de estudar e acompanhar as demandas da rede pública de transporte, estabelecendo relações com as condições climáticas. É importante conhecer a maneira pela qual o clima impacta as operações quotidianas dos sistemas de transporte, de modo que seus efeitos negativos e a potencial perda de passageiros possam ser amenizados.

Em um estudo de Böcker, Dijst e Prillwitz (2013), foi realizada uma extensa revisão bibliográfica com o objetivo de sistematizar pesquisas nas áreas de transporte, saúde e biometeorologia relacionadas às atividades diárias e às viagens. Nesta revisão, também almejou-se fornecer uma visão geral e abrangente sobre o impacto das condições meteorológicas nas viagens quotidianas. Embora as pesquisas catalogadas variem quanto aos parâmetros climáticos (temperatura do ar, velocidade do vento, índice de precipitação etc.), aos meios de transporte e às variáveis não-climáticas (idade, gênero, etnia, educação etc.), a localização dos estudos se concentra em um contexto geográfico muito reduzido. Quanto ao regime climático, todas as pesquisas foram feitas em regiões temperadas ou continentais. Além disso, as áreas estudadas se concentram na Europa Ocidental, na América do Norte ou na Austrália. Sendo assim, nota-se que tais estudos não consideram os impactos em regiões tropicais ou subtropicais, locais onde, muitas vezes, os índices pluviométricos são mais elevados.

Desta forma, o objetivo do presente estudo é preencher parcialmente estas lacunas e enriquecer a literatura existente com novas descobertas em relação à influência das chuvas no uso de transporte público. Para tanto, esta pesquisa aborda estes eventos meteorológicos pluviométricos correlacionando-os ao transporte de passageiros por ônibus na cidade de São Paulo, cujo clima é classificado subtropical úmido, segundo Köppen. Os resultados desse estudo podem proporcionar o desenvolvimento de métodos para a previsão de demanda de passageiros pelas companhias de transporte utilizando dados de previsões meteorológicas.

2 | O CLIMA COMO FATOR DE IMPACTO NO TRANSPORTE PÚBLICO

A fim de avaliar os efeitos do clima no transporte público e em seus usuários, um número crescente de estudos procurou correlacionar as condições climáticas e o número de passageiros. Böcker, Dijst e Prillwitz (2013) destacam que o número de passageiros no transporte público (em trens e ônibus) é negativamente influenciado

por fortes precipitações e, em menor grau, por altas temperaturas, ventos fortes e altos níveis de umidade.

Além disso, os efeitos climáticos apresentam variações significativas de acordo com os dias da semana e meios de transporte. Por exemplo, um estudo realizado na cidade de Chicago por Guo, Wilson e Rahbee (2007) indica que as condições climáticas exercem um impacto maior nos usuários de metrô e ônibus durante os fins de semana do que nos dias de semana. Adicionalmente, o número de passageiros no metrô foi menos afetado pelo clima que o número de usuários de ônibus. Este fato decorre possivelmente da maior exposição às intempéries ao se deslocar em ônibus.

Singhal, Kamga e Yazici (2014) exploraram as relações horárias entre as condições meteorológicas e o número de passageiros do sistema de metrô da cidade de Nova York durante a semana e aos fins de semana. A pesquisa revelou que a presença de chuva, neve e ventos fortes são variáveis climáticas responsáveis por reduzir o número de passageiros, especialmente nos finais de semana.

Tao et al. (2018) analisaram não só as demandas diárias de passageiros no transporte público, mas também as demandas instantâneas. Em um estudo realizado na cidade de Brisbane, concluíram que as temperaturas e os índices pluviométricos são responsáveis por induzir a mudanças significativas no número de passageiros transportados.

Liu, Susilo e Karlström (2015, 2016), em duas pesquisas interligadas, modelaram os impactos das condições climáticas (temperatura, precipitação e medida de conforto térmico) na escolha do modal e no comportamento do encadeamento de viagens juntamente com um conjunto de fatores anexos (tamanho do domicílio e densidade populacional, por exemplo). Após contabilizar a influência dos fatores contextuais, descobriu-se que as condições climáticas, em particular a precipitação, exercem efeitos significativos no uso de transporte público – o que pode variar significativamente em toda a Suécia de acordo com as estações do ano e com as regiões. Por exemplo, constatou-se que uma chuva forte desencorajou o uso de ônibus no norte do país durante o verão, o outono e o inverno enquanto que o efeito oposto ocorreu nas localidades ao sul do país.

Apesar de condições climáticas e seus impactos no transporte público urbano apresentarem-se como questões fortemente debatidas na medida em que eventos extremos podem representar uma diminuição no número de passageiros, nota-se na literatura a existência de lacunas referentes aos estudos realizados em áreas tropicais ou subtropicais. Algo que correlacione a utilização do transporte público em regiões com altos índice pluviométricos, bem como a análise da influência destes sobre a demanda, apresentam-se de modo carente na literatura.

Este estudo relaciona o índice pluviométrico como variável meteorológica ao número de passageiros transportados diariamente em uma cidade de clima subtropical. Além disso, é também pesquisada a influência do clima na utilização do transporte de acordo com diferentes dias da semana.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Dados do número de passageiros transportados

Para a coleta de dados sobre o número de passageiros transportados, foi utilizada a série histórica de 2017. Trata-se de dados públicos obtidos através do portal eletrônico da prefeitura de São Paulo.

Para o seguinte estudo, utilizaram-se os dados relativos às quatro linhas de ônibus mais utilizadas do município. Todas as linhas contam com mais de dez milhões de passageiros transportados anualmente. Tais dados foram tabulados e organizados diariamente, evidenciando o número de passageiros transportados por estas quatro linhas. Ressalta-se que flutuações no número de passageiros, bem como aumentos ou reduções nas operações das linhas não foram considerados neste estudo, dado o tamanho da série histórica.

3.2 Dados climatológicos observados

Os dados, especificamente de precipitação diária, foram obtidos através do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) a partir dos pluviômetros automáticos instalados no município de São Paulo. Estes dados são necessariamente referentes ao mesmo período da série histórica de passageiros transportados no município. Como as linhas estudadas cobrem uma superfície relativamente extensa de São Paulo, dados relativos a nove postos pluviométricos foram utilizados.

3.3 Remoção de pontos discrepantes da amostra

Para que a análise possa ser fiável, alguns pontos discrepantes devem ser eliminados das amostras a serem estudadas. No caso em estudo, utilizou-se um intervalo de confiança de 95%. O intervalo utilizado para o número de passageiros transportados por dia foi, então, de:

$$N = \mu \pm 1,96 \sigma \quad (1)$$

em que

N:	passageiros transportados por dia
μ :	média do número de passageiros
σ :	desvio padrão do número de passageiros

Os pontos discrepantes removidos das amostras correspondem aos dias próximos às festas de final de ano (Natal e Ano Novo) – entre os dias 26 de dezembro e 2 de janeiro. Nestes dias, ocorre uma queda importante, mesmo em dias de semana,

do número de passageiros transportados.

Nota-se também que, em 2017, houve uma greve geral no dia 28 de abril e uma paralização das empresas de ônibus no dia 15 de março. Em razão disto, os dados referentes a estes dias não são contabilizados na análise. A primeira semana do mês de junho, por sua vez, também não é considerada no estudo, dado que, aparentemente, houve um erro na inserção de dados no portal da prefeitura.

3.4 Teste t de *Student* para médias de duas amostras

A fim de avaliar a utilização do sistema de transporte público em dias de semana, fins de semana e feriados, busca-se demonstrar que há uma modificação no número de passageiros correspondentes a estas datas. Para tanto, pode-se aplicar o teste t de *Student* para média de duas amostras. Neste teste a estatística t é calculada a partir da equação seguinte,

$$t = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sigma_{\mu_1 - \mu_2}} \quad (2)$$

onde

$$\sigma_{\mu_1 - \mu_2} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} \quad (3)$$

Em que

μ_i : média do número de passageiros da amostra i

σ_i : desvio padrão do número de passageiros da amostra i

Caso o valor de t encontrado seja superior ao t do *ponto de corte*, pode-se rejeitar a hipótese inicial (de que não há variação entre os valores das médias) e afirmar que há uma redução ou aumentos nos valores destas. Neste caso em questão, busca-se afirmar que a utilização das linhas de ônibus estudadas é mais intensa em dias de semana do que em fins de semana e feriados.

3.5 Coeficiente de correlação de postos de *Spearman*

A correlação de *Spearman* é uma medida de correlação não-paramétrica que avalia a descrição da relação entre duas variáveis, sem, entretanto, realizar suposições sobre a distribuição das mesmas. Como não há a exigência de que a distribuição seja linear, esse fator se difere do coeficiente de correlação de *Pearson*, por exemplo.

Como a relação entre os índices de precipitação e de passageiros transportados não obedece a uma distribuição linear, optou-se por utilizar esta medida, cujo coeficiente

de correlação pode ser obtido a partir da Equação 4.

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 + 1)} \quad (4)$$

em que

ρ : coeficiente de correlação de Spearman

d : diferença entre as variáveis na equação

n : número de amostras aos pares

O coeficiente ρ varia entre -1 e 1. O valor positivo de ρ indica uma correlação direta, já o valor negativo indica uma correlação inversa e o zero, a ausência de correlação entre as variáveis. Quanto mais próximo da unidade (seja ela positiva ou negativa), maiores são as chances de haver uma correlação entre as grandezas estudadas.

3.6 Teste de significância para o coeficiente de correlação de Spearman

Quando se coleta uma amostra com n pares de valores de variáveis e se calcula o seu coeficiente de correlação, deve-se também realizar um teste de significância para descobrir se o valor do coeficiente encontrado é significativo. Para tanto, assume-se não existe correlação para a população das duas variáveis (hipótese inicial). Caso a probabilidade de se obter um valor para o coeficiente seja menor que um certo valor crítico (neste caso, utilizamos 5%), rejeita-se a hipótese inicial e assume-se que há uma correlação entre as variáveis estudadas. A variável t de *Student* neste caso é calculada a partir da Equação 5.

$$t = \rho \sqrt{\frac{n - 2}{1 - \rho^2}} \quad (5)$$

em que

ρ : coeficiente de correlação de Spearman

n : número de amostras aos pares

Caso t seja maior que t do *ponto de corte*, rejeita-se a hipótese inicial e, portanto, afirma-se que existe uma correlação entre as grandezas.

3.7 Caso de estudo: município de São Paulo

O município de São Paulo possui mais de 11.250.000 habitantes em uma área de pouco mais de 1.500 km² (IBGE, 2018). De acordo com a classificação de Köppen, o clima de São Paulo é Cwa, também chamado de subtropical úmido, caracterizado por

um inverno muito seco e um verão notadamente chuvoso. Pode-se, então, dizer que a amplitude anual de temperatura é menor do que a amplitude diária de temperatura e que o clima do município é caracterizado por duas estações – uma seca e outra úmida (IAG, 2018).

De acordo com a prefeitura municipal, há no município 1339 linhas de ônibus. Para esta pesquisa, selecionamos as linhas que contam com o maior contingente de passageiros: todas elas transportam mais de dez milhões de pessoas anualmente. As linhas estudadas são:

- 675K10 – Terminal Jardim Ângela / Metrô Santa Cruz,
- 431010 – Estação de Transferência Itaquera / Terminal Parque Dom Pedro II,
- 220210 – Hospital Itaim / Guaianazes,
- 691310 – Terminal Bandeira / Terminal Varginha.

Para analisar a influência das precipitações no número de passageiros de cada linha, utilizaram-se pluviômetros automáticos do Cemaden. A Tabela 1 indica os postos pluviométricos utilizados por linha de ônibus e a Figura 1 ilustra, em um mapa, as linhas estudadas, bem como os postos pluviométricos utilizados para a pesquisa referentes a cada um dos trajetos.

Linha de ônibus	Postos pluviométricos utilizados
675K10	Jardim Ângela Vila Clementino 2
431010	Mooca Subprefeitura de Itaquera
220210	Chácara Dona Olívia Itaim Paulista
691310	Centro Cidade Dutra Luz

Tabela 1: Postos pluviométricos utilizados por linha de ônibus



Figura 1: Linhas estudadas e postos pluviométricos utilizados

4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Influência do calendário na utilização das linhas de ônibus

Através da série histórica de 2017, classificou-se o número de passageiros presentes nas linhas de ônibus em quatro categorias diferentes: dias de semana, sábados, domingos e feriados. A Tabela 2 descreve os valores das médias e dos desvios-padrão para cada linha.

Categoria	Grandeza	675K10	431010	220210	691310
Dias de semana	Média	38934	37244	33104	35519
	Desvio-padrão	2598	3372	1648	2854
Sábados	Média	27219	23132	26353	19089
	Desvio-padrão	2161	1828	1802	1566
Domingos	Média	17595	13329	17152	10622
	Desvio-padrão	1175	1413	1456	842
Feriados	Média	20098	17354	19477	13406
	Desvio-padrão	4778	5471	4380	4957

Tabela 2: Médias e desvios-padrão dos passageiros transportados por linha

A partir destes dados, aplicou-se o teste t de *Student* para a média de duas amostras, a fim de determinar se a utilização do transporte público em dias de semana é mais intensa que em fins de semana e feriados. No caso de os resultados indicarem uma redução no número de passageiros transportados, cada grupo deve ser tratado individualmente nas análises subsequentes. Os resultados do teste t são ilustrados na Tabela 3.

Categorias comparadas		t	675K10	431010	220210	691310
Dias da semana	Sábados	t encontrado	30	42	26	57
		t de corte	2,0	2,0	2,0	2,0
Dias da semana	Domingos	t encontrado	90	81	63	113
		t de corte	2,0	2,0	2,0	2,0
Dias da semana	Feriados	t encontrado	16	15	13	18
		t de corte	2,1	2,1	2,1	2,1

Tabela 3: Teste t de *Student* para a média de duas amostras por linha

Como todas as estatísticas t encontradas são superiores aos valores de corte, pode-se rejeitar a hipótese de que não há redução no número de passageiros transportados em fins de semana e feriados. Logo, estes quatro grupos foram tratados de maneira independente nas análises posteriores.

4.2 Correlação entre a utilização das linhas de ônibus e os índices pluviométricos

A partir dos dados observacionais, pôde-se calcular o coeficiente de correlação de *Spearman* entre os índices pluviométricos e o número de passageiros transportados pelas linhas de ônibus. A Figura 2 exemplifica a distribuição dos dados para a linha de maior volume: 675K10 – Terminal Jardim Ângela / Metrô Santa Cruz.

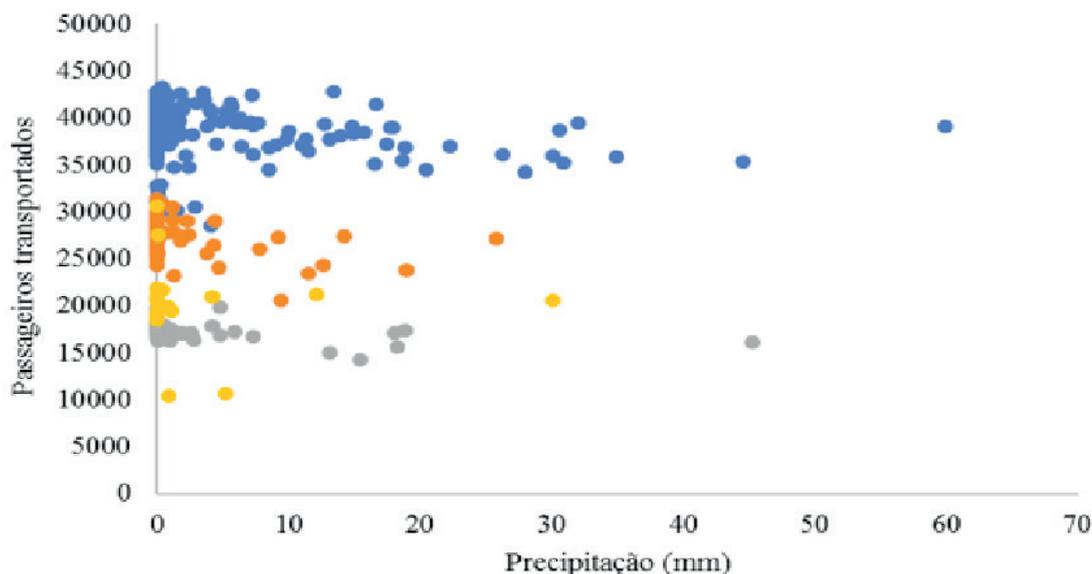


Figura 2: Distribuição dos passageiros transportados de acordo com o índice de precipitação para a linha 675K10

Uma vez que todos os dados foram tabelados e as grandezas referentes ao número de passageiros transportados e aos índices pluviométricos foram confrontadas, a Tabela 4 pôde ser construída, indicando os coeficientes de *Spearman* para cada linha e para cada categoria de dia.

Categoria	675K10	431010	220210	691310
Dias de semana	-0,18	-0,31	-0,22	-0,25
Sábados	-0,35	-0,36	-0,30	-0,34
Domingos	-0,59	-0,38	-0,44	-0,27
Feriados	-0,03	-0,11	-0,12	+0,01

Tabela 4: Coeficientes de *Spearman* encontrados por linha e por dia da semana

A partir da Tabela 4, pode-se notar que todos os coeficientes de *Spearman* calculados são negativos, à exceção daquele correspondente aos feriados na linha 691310, o qual é extremamente próximo à unidade. Este fato indica que quanto maior é o índice pluviométrico registrado em um dia, menores são os contingentes de passageiros transportados naquela data. Esta constatação sugere que há uma dependência entre a variável climática (neste estudo, a chuva) e a demanda de utilização do transporte público.

Além disso, assim como em outras pesquisas já realizadas, este estudo indica que a influência da chuva no número de passageiros transportados pelo sistema público em São Paulo é mais importante em fins de semana do que em dias de semana. Este fato é corroborado pelo aumento do coeficiente de *Spearman* calculado para sábados e domingos em relação àquele calculado para os dias de semana, como pode-se perceber pela Tabela 4. Tal constatação pode ser explicada pelos diferentes tipos de viagem realizadas ao longo da semana. Enquanto que, durante os dias de semana, eleva-se o número de viagens efetuadas a trabalho, durante os fins de semana, viagens associadas ao turismo e ao lazer aumentam. Estes deslocamentos, entretanto, podem ser realocados conforme as condições climáticas em certas ocasiões, fazendo com que o número de viagens realizadas esteja mais propício a variações de acordo com as chuvas, por exemplo.

4.3 Teste de significância para os coeficientes de *Spearman* encontrados

Para confirmar a hipótese de que há influência da chuva no transporte de passageiros nas linhas de ônibus estudadas, realizou-se um teste de significância. Considera-se um intervalo de confiança de 95% para a realização do teste. Seus resultados são indicados na Tabela 5.

Categorias	t	675K10	431010	220210	691310
Dias da semana	t encontrado	-2,77	-4,95	-3,53	-3,88
	t de corte	-1,97	-1,97	-1,97	-1,97
Sábados	t encontrado	-2,57	-2,68	-2,18	-2,49
	t de corte	-2,01	-2,01	-2,01	-2,01
Domingos	t encontrado	-5,10	-2,86	-3,38	-1,97
	t de corte	-2,01	-2,01	-2,01	-2,01
Feriados	t encontrado	-0,11	-0,44	-0,45	0,03
	t de corte	-2,13	-2,13	-2,13	-2,13

Nota-se, a partir da Tabela 5, que a hipótese inicial de que não havia uma correlação entre o número de passageiros transportados e os índices pluviométricos diários acumulados foi refutada para os dias de semana, sábados e domingos (à exceção dos passageiros transportados aos domingos pela linha 691310). Para os feriados, nada se pode inferir a propósito desta correlação, dado que as estatísticas t encontradas são inferiores ao t de corte.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de haver pesquisas que relacionassem as condições climáticas ao número de passageiros transportados pelo sistema público, foram identificadas carências de estudos que correlacionem estas duas grandezas em regiões tropicais ou subtropicais ou em um contexto latino-americano. As contribuições deste estudo também estão relacionadas ao entendimento da dinâmica da demanda da utilização do transporte público urbano para uma megalópole com mais de dez milhões de habitantes, como é o caso de São Paulo.

O estudo realizado comprovou a influência dos índices pluviométricos na quantidade de passageiros transportados nas quatro principais linhas de ônibus circulares do município de São Paulo, tanto em dias de semana, quanto aos fins de semana. Ademais, chegou-se à conclusão de que a utilização do transporte público em sábados, domingos e feriados é reduzida quando comparada aos dias de semana e que a influência das condições meteorológicas no número de passageiros é mais importante aos fins de semana do que durante a semana.

Estudos futuros podem ser desenvolvidos a fim de analisar como outros fatores contextuais, como o tipo de viagem e a renda dos passageiros, podem influenciar conjuntamente às condições meteorológicas na utilização do sistema público de transporte. Além disso, pesquisas complementares podem analisar tal correlação em outros modais de transporte público do município de São Paulo, tais como o metrô, o qual está menos sujeito às intempéries. Considerar também a aplicação da metodologia deste estudo a outras cidades poderia ser outra possibilidade de análise para próximos estudos.

REFERÊNCIAS

BÖCKER, Lars; DIJST, Martin; PRILLWITZ, Jan. Impact of Everyday Weather on Individual Daily Travel Behaviours in Perspective: A Literature Review. *Transport Reviews*, [s.l.], v. 33, n. 1, p.71-91, jan. 2013.

CEMADEN, Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais.
Disponível em:
<https://www.cemaden.gov.br> (Acesso em: 22/12/2018).

GUO, Zhan; WILSON, Nigel H. M.; RAHBEE, Adam. Impact of Weather on Transit Ridership in Chicago, Illinois. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, [s.l.], v. 2034, n. 1, p.3-10, jan. 2007.

IAG-USP, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo.
Disponível em: <http://www.estacao.iag.usp.br/seasons/index.php> (Acesso em: 12/01/2019).

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/panorama> (Acesso em: 12/01/2019).

KHATTAK, Asad J.; PALMA, André de. The impact of adverse weather conditions on the propensity to change travel decisions: A survey of Brussels commuters. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, [s.l.], v. 31, n. 3, p.181-203, maio 1997.

LIU, Chengxi; SUSILO, Yusak O.; KARLSTRÖM, Anders. The influence of weather characteristics variability on individual's travel mode choice in different seasons and regions in Sweden. *Transport Policy*, [s.l.], v. 41, p.147-158, jul. 2015.

LIU, Chengxi; SUSILO, Yusak O.; KARLSTRÖM, Anders. Measuring the impacts of weather variability on home-based trip chaining behaviour: a focus on spatial heterogeneity. *Transportation*, [s.l.], v. 43, n. 5, p.843-867, set. 2016.

MAZE, Thomas H.; AGARWAL, Manish; BURCHETT, Garrett. Whether Weather Matters to Traffic Demand, Traffic Safety, and Traffic Operations and Flow. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, [s.l.], v. 1948, n. 1, p.170-176, jan. 2006.

PALMA, André de; ROCHAT, Denis. Understanding individual travel decisions: results from a commuters survey in Geneva. *Transportation*, [s.l.], v. 26, n. 3, p.263-281, 1999.

PREFEITURA DE SÃO PAULO, Secretaria de Mobilidade e Transportes. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/transportes/institucional/sptrans/acesso_a_informacao (Acesso em: 22/12/2018).

SINGHAL, Abhishek; KAMGA, Camille; YAZICI, Anil. Impact of weather on urban transit ridership. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, [s.l.], v. 69, p.379-391, nov. 2014.

TAO, Sui et al. To travel or not to travel: 'Weather' is the question. Modelling the effect of local weather conditions on bus ridership. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, [s.l.], v. 86, p.147-167, jan. 2018.

SOBRE O ORGANIZADOR

Felipe José Marques Mesquita - Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (2014), com MBA executivo em Gerenciamento de Projetos pela Universidade Candido Mendes – RJ (2017) e Mestrado em Engenharia de Infraestrutura e Desenvolvimento Energético, também pela Universidade Federal do Pará (2020). Autor de publicações em congressos internacionais e nacionais, além de capítulo de livro. Recebeu menção honrosa como coautor do melhor artigo da região norte no 60 CBC IBRACON (2018). Possui experiência acadêmica e profissional na área de engenharia civil, com ênfase em projetos, orçamento, fiscalização e execução de obras, sendo atualmente Engenheiro Civil na empresa FBS construções desde 2017. E-mail: felipej.mesquita@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Arquitetura 1, 3, 4, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 30, 46

C

Casa container 21

Certificação sustentável 31, 32

Chuva 48, 49, 50, 57

Condições climáticas 5, 49, 50, 58

Conforto térmico 22, 25, 50

Construção civil 1, 2, 21, 22, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 40, 45

Containers sustentáveis 21

Correlação de *Spearman* 48, 52, 53, 56

D

Desempenho do ambiente construído 30

Desempenho termoenergético 1, 2, 3, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 19

Desenvolvimento sustentável 21, 33, 43

Designbuilder 20

Drywall 23, 24

E

Edificação sustentável 33

Energyplus 20

Engenharia civil 20, 31, 32, 34, 45, 47, 60

Estatística 11, 13, 52, 59

F

Fachada dupla 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18

I

Impacto ambiental 3, 33

Índices de precipitação 52

Isolamento térmico 4, 23, 24

P

Pele de vidro 1, 3, 4

Projeto arquitetônico 3, 23

S

Selo casa azul 31, 32, 33, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 45, 46, 47

Sistema construtivo 21, 23, 24, 28, 29

Sustentabilidade 4, 21, 22, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 40, 41, 45, 46, 47

T

Teste t de *Student* 52, 55, 56

Transporte de passageiros 49, 57

Transporte público 48, 49, 50, 52, 55, 57, 58

 **Atena**
Editora

2 0 2 0