



VOLUME 73

EDNA APARECIDA NICO RODRIGUES
(org.)

Parâmetros de sustentabilidade para edifícios e cidade



Esta obra foi selecionada para integrar a “Coleção Pesquisa Ufes”, a partir de Chamada Pública feita pela Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PRPPG) da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes) aos programas de pós-graduação da universidade.

A seleção teve por base pareceres que consideraram critérios de inovação, relevância e impacto.

O financiamento da Coleção foi viabilizado por meio do Programa de Apoio à Pós-Graduação (Proap) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e de recursos do Tesouro Nacional.



**Universidade Federal
do Espírito Santo**



Editora Universitária – Edufes

Filiada à Associação Brasileira
das Editoras Universitárias (Abeu)

Av. Fernando Ferrari, 514
Campus de Goiabeiras
Vitória – ES · Brasil
CEP 29075-910

+55 (27) 4009-7852
edufes@ufes.br
www.edufes.ufes.br

Reitor

Paulo Sergio de Paula Vargas

Vice-reitor

Roney Pignaton da Silva

Pró-reitor de Pesquisa e Pós-Graduação

Valdemar Lacerda Júnior

Chefe de Gabinete

Aureo Banhos dos Santos

Diretor da Edufes

Wilberth Salgueiro

Conselho Editorial

Ananias Francisco Dias Junior, Eliana Zandonade,
Eneida Maria Souza Mendonça, Fabrícia Benda
de Oliveira, Fátima Maria Silva, Gleice Pereira,
Graziela Baptista Vidaurre, José André Lourenço,
Marcelo Eduardo Vieira Segatto, Margarete Sacht
Góes, Rogério Borges de Oliveira, Rosana Suemi
Tokumaru, Sandra Soares Della Fonte

Secretaria do Conselho Editorial

Douglas Salomão

Administrativo

Josias Bravim, Washington Romão dos Santos

Seção de Edição e Revisão de Textos

Fernanda Scopel, George Vianna,
Jussara Rodrigues, Roberta Estefânia Soares

Seção de Design

Ana Elisa Poubel, Juliana Braga,
Samira Bolonha Gomes, Willi Piske Jr.

Seção de Livraria e Comercialização

Adriani Raimondi, Ana Paula de Souza Rubim,
Dominique Piazzarollo, Marcos de Alarcão,
Maria Augusta Postinghel



Este trabalho atende às determinações do Repositório Institucional do Sistema Integrado de Bibliotecas da Ufes e está licenciado sob a Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

Para ver uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.



Diretor da Graúna Digital

Thiago Moulin

Supervisão

Laura Bombonato

Seção de edição e revisão de textos

Carla Mello | Natália Mendes | José Ramos
Manuella Marquetti | Stephanie Lima

Seção de design

Carla Mello | Bruno Ferreira Nascimento

Projeto gráfico

Edufes

Diagramação e capa

Bruno Ferreira Nascimento

Revisão de texto

MC&G Editorial

Fotografia da capa por

Darya Jum em

<https://unsplash.com/>.

Esta obra foi composta com
a família tipográfica Crimson Text.

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

P221 Parâmetros de sustentabilidade para edifícios e cidade [recurso eletrônico] / Edna Aparecida Nico Rodrigues (organizadora).
- Dados eletrônicos. - Vitória, ES : EDUFES, 2023.
250 p. : il ; 21 cm. - (Coleção Pesquisa Ufes ; 73)

Inclui bibliografia.

ISBN: 978-85-7772-556-4

Modo de acesso: <https://repositorio.ufes.br/handle/10/774>

1. Arquitetura – aspectos ambientais. 2. Sustentabilidade.
3. Desempenho. I. Rodrigues, Edna Aparecida Nico. II. Série.

CDU: 72

Elaborado por Ana Paula de Souza Rubim – CRB-6 ES-000998/O

EDNA APARECIDA NICO RODRIGUES
(org.)

Parâmetros de sustentabilidade para edifícios e cidade

 **EDUFES**

Vitória, 2023

Sumário

Introdução.....	13
------------------------	-----------

Edna Aparecida Nico Rodrigues

DESEMPENHO TÉRMICO

Capítulo 1

Sustentabilidade e desempenho térmico em habitação de interesse social: aplicação da ferramenta ismas em Vitória-ES para vedações verticais.....	18
---	-----------

Bruna Perovano Sirtuli

Jéssica de Mello Machado

Edna Aparecida Nico Rodrigues

Cristina Engel de Alvarez

Capítulo 2

A influência dos subsistemas de vedação vertical no desempenho energético do edifício.....	27
---	-----------

Filipe Galina Costalonga

Cristina Engel de Alvarez

Capítulo 3

A pele dos edifícios comerciais: análise de desempenho térmico dos sistemas de fachada e materiais de revestimento	34
---	-----------

Liane Becacici Gozze Destefani

Edna Aparecida Nico Rodrigues

Capítulo 4

Habitação de interesse social: uma abordagem termoenergética.....	42
--	-----------

Nayara Salera Malta

Edna Aparecida Nico Rodrigues

Capítulo 5

Adaptação de edificações aos efeitos das mudanças climáticas na cidade de Vitória 51

Jéssica de Mello Machado

Edna Aparecida Nico Rodrigues

Capítulo 6

Avaliação e percepção do usuário em relação ao conforto térmico e qualidade do ar em varandas com fechamento em vidros móveis situadas em uma região urbana industrializada..... 60

Érica Coelho Pagel

Cristina Engel Alvarez

Neyval Costa Reis Jr.

Capítulo 7

O impacto da janela no conforto térmico: edificações multifamiliares ventiladas naturalmente..... 69

Amabeli Dell Santo

Cristina Engel de Alvarez

Capítulo 8

A importância da ventilação natural para o conforto térmico em Vitória..... 77

Fabiana Trindade da Silva

Cristina Engel de Alvarez

DESEMPENHO LUMÍNICO

Capítulo 9

Paisagens iluminadas – experimentação metodológica no sítio histórico de Santa Leopoldina (ES) 86

Cassio Santana Favero

Andrea Coelho Laranja

Capítulo 10

Disponibilidade de iluminação natural em ambiente orientado para poço de iluminação..... 95

Gabriela Bolssoni

Andréa Laranja

Cristina Engel de Alvarez

Capítulo 11

Comparação entre aberturas zenitais e laterais no quesito iluminação natural 103

Yulli Mapelli Basilio

Andréa Coelho Laranja

Cristina Engel de Alvarez

Capítulo 12

Balcões refletores e a disponibilidade da iluminação natural em salas de aula: o caso do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Colatina 111

Sirana Palassi Fassina

Andréa Coelho Laranja

Capítulo 13

Conforto visual em edificação comercial com o uso de prateleiras de luz..... 117

Ricardo Nacari Maioli

Capítulo 14

Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno..... 126

Andréa Coelho Laranja

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Capítulo 15

Avaliação de adequabilidade da metodologia “mapa energético-solar” para a região metropolitana de Vitória-ES 134

Lohane Barcelos Palaoro

Cristina Engel de Alvarez

Capítulo 16

Edifícios comerciais energeticamente autossuficientes em Vitória ...141

Anderson Fraga

Cristina Engel de Alvarez

Capítulo 17

Proposta de método de projeto baseado no desempenho para edifícios energeticamente eficientes..... 151

Lucas Martinez da Costa

Cristina Engel de Alvarez

Capítulo 18

Definição de janelas termicamente eficientes 157

Victor Moura Bussolotti

Edna Aparecida Nico Rodrigues

Capítulo 19

Economia de energia com janelas mais eficientes 166

Edna Aparecida Nico Rodrigues

Filipe Galina Costalonga

Bruna Perovano Sirtuli

Cristina Engel de Alvarez

URBANO

Capítulo 20

Distribuição espacial de potenciais usuários de bicicleta no deslocamento para o trabalho em Vitória..... 175

Malena Ramos Silva

Capítulo 21

Identificação de fatores para promoção da mobilidade por bicicleta no Campus Goiabeiras – UFES 183

Renata Cerqueira do Nascimento Salvalaio

Malena Ramos Silva

Jordano Francesco Gagno Brito

Cristina Engel de Alvarez

Capítulo 22

O campo térmico do Distrito de Carapina – Serra-ES: estudo de caso em áreas litorâneas..... 190

Wemerson Diascanio Oliveira

Capítulo 23

O ruído de tráfego automotor e os espaços públicos na cidade: estudo de caso em Vitória-ES..... 196

Greicikelly Gaburro Paneto

Cristina Engel de Alvarez

Capítulo 24

Novas políticas habitacionais e velhos padrões para a localização da moradia na Cidade de Vitória 201

Indira Maria Reis Paes Landim

Cristina Engel de Alvarez

Capítulo 25

Estudo dos corredores verdes para o município de Vila

Velha-ES – Brasil..... 208

Eduarda Dias Berrêdo

Daniella do Amaral Mello Bonatto

SUSTENTABILIDADE DOS MATERIAIS

Capítulo 26

Indicadores de avaliação de sustentabilidade urbana em países

latino-americanos..... 216

Karla Moreira Conde

Juliana Santos

Layra Lugão

Cristina Engel de Alvarez

Luis Bragança

Capítulo 27

Ferramenta de avaliação da sustentabilidade para reabilitação de edifícios multifamiliares brasileiros 223

Rhaina Fornaciari

Cristina Engel de Alvarez

Capítulo 28

A sustentabilidade dos materiais: estudo em edificações dos séculos XVI e XXI 231

Joana Bellumat Pedrini

Edna Aparecida Nico Rodrigues

Márcia Bissoli Dalvi

Capítulo 29

Paredes verdes: vantagens e desvantagens..... 241

Mariana Daré Araujo Neves

Daniella do Amaral Mello Bonatto

Introdução

Edna Aparecida Nico Rodrigues

Os tempos atuais, com uma profusão de informações, requer cada vez mais uma profunda reflexão sobre a confiabilidade e a validade daquilo que nos chega. Por outro lado, percebe-se que o conhecimento produzido na Academia, muitas vezes, fica restrito a uma pequena “elite” de especialistas, não alcançando a sociedade como deveria e nem mesmo os estudantes iniciantes da graduação, cuja linguagem enigmática peculiar dos pesquisadores ainda não faz parte do universo dessa população.

Deve ser destacado, ainda, que no âmbito desse grupo de especialistas, também acontece uma grande troca de conhecimentos, cuja interdisciplinaridade já é recorrente, fazendo com que os produtos das pesquisas sejam validados por vários olhares. O caminhar solitário já é uma realidade distante, especialmente na produção arquitetônica e no planejamento urbano.

Em síntese, por um lado, existe o conhecimento de alta qualidade produzido no meio científico e, por outro, a dificuldade em

fazer com que esse conhecimento chegue nos estudantes de graduação e na sociedade em geral.

Diante dessas reflexões e considerando experiências anteriores da equipe do Laboratório de Planejamento e Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo (LPP/Ufes), decidiu-se por publicar um livro, de livre acesso, que se destinasse especialmente aos estudantes de graduação e ao público em geral. O primeiro desafio, então, foi buscar uma linguagem simplificada, porém que não causasse uma interpretação equivocada do conteúdo a ser apresentado. A ciência deve ser amigável, mas não pode correr o risco de ser leviana em seu processo de comunicação.

Assim, este livro se estrutura a partir dos resultados mais recentes produzidos no âmbito do LPP/Ufes e parceiros e, para uma melhor compreensão, foi dividido em cinco principais subtemas: o desempenho térmico; o desempenho lumínico; a eficiência energética, o enfoque da cidade e a sustentabilidade dos materiais. São 29 capítulos produzidos, em sua maioria, como resultado das pesquisas vinculadas aos cursos de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo e em Engenharia Civil da Ufes. O tema maior que norteia todo o seu conteúdo é a sustentabilidade no ambiente construído, com recorte para os aspectos tecnológicos da questão.

Em relação ao desempenho térmico, aborda-se a importante questão da habitação de interesse social, tanto em relação aos aspectos de conforto, como, também, da sustentabilidade dos materiais, sendo esse o conteúdo dos Capítulos 1 e 4. Considerando a importância da envoltória para o alcance do conforto e da eficiência energética, esse tema é também abordado nos Capítulos 2 e 3. Sabe-se que a ventilação, para cidades de clima tropical, é um importante elemento do conforto (Capítulo 8), cujo aproveitamento está relacionado aos elementos arquitetônicos, como por exemplo, na adoção de varandas (Capítulo 6) e nas janelas (Capítulo 7). Ainda no que se refere ao aspecto térmico, um tema emergente refere-se às mudanças climáticas (Capítulo 5), cujo aprimoramento dos estudos é cada vez mais urgente.

A iluminação é um elemento que interfere em várias esferas, como no conforto, na demanda energética e na composição e percepção da paisagem. Assim, inicia-se essa seção com uma ponderação sobre os elementos urbanos que interferem na oferta de iluminação nos ambientes internos (Capítulo 14) e um demonstrativo da interferência na paisagem noturna a partir da intervenção em um sítio histórico (Capítulo 9). Posteriormente, o enfoque passa ao ambiente interno, com a análise de algumas soluções arquitetônicas usuais, tais como o poço de iluminação (Capítulo 10); as aberturas zenitais e laterais (Capítulo 11), os balcões refletores (Capítulo 12); as prateleiras de luz (Capítulo 13).

Embora a eficiência energética seja um elemento transversal de análise nas pesquisas relacionadas ao conforto e à sustentabilidade, foi dedicada uma seção particular para o assunto, visto a necessidade de algumas abordagens específicas. Partindo da constatação da necessidade de uma metodologia simplificada voltada para a análise de viabilidade no uso do potencial solar para a obtenção de energia, o Capítulo 15 trata da proposta de um mapa energético solar. Quando o enfoque passa para o âmbito da edificação, busca-se tanto uma investigação do potencial dos denominados edifícios autossuficientes energeticamente (Capítulo 16 e 17) como para a influência do elemento janela no consumo energético (Capítulos 18 e 19).

A abordagem urbana abrange questões, cujo enfoque está voltado para a mobilidade não motorizada e fatores para a sua promoção (Capítulo 20 e 21), fundamental para o alcance de cidades mais sustentáveis, que também discute a temática do campo térmico nas áreas litorâneas e os impactos (Capítulo 22). Outro enfoque perpassa pela avaliação dos espaços públicos em relação ao ruído de tráfego automotor (Capítulo 23), as análises críticas em relação às políticas habitacionais e aos velhos padrões da moradia (Capítulo 24), também ressaltando a importância dos corredores verdes para o desenvolvimento das cidades (Capítulo 25).

O livro se encerra com uma abordagem sobre a sustentabilidade com definições de indicadores de avaliação de sustentabilidade urbana em países latino-americanos (Capítulo 26) e a avaliação e proposição de ferramentas para a avaliação da sustentabilidade em edifícios em uso e o nível de sustentabilidade dos materiais em edifícios construídos em séculos diferentes (Capítulo 27 e 28) e, finalizando essas análises, a vantagens e desvantagens no uso de paredes verdes para amenizar o desconforto térmico (Capítulo 29).

Assim, espera-se que este livro alcance efetivamente os objetivos pretendidos inicialmente e que seja uma referência para todos os que procuram avançar na difícil tarefa de buscar a equidade de condições de vida para toda a sociedade, bem como o equilíbrio ambiental do planeta.

EQUIPE TÉCNICA

Andréa Coelho Laranja

Bruna Perovano Sirtuli

Jéssica de Mello Machado

Jordano Francesco Gagno Brito

Juliana Dalcin Lubiana

Malena Ramos Silva

Nayara Salera Malta

Renata Cerqueira do Nascimento Salvalaio

Victor Moura Bussolotti

Desempenho térmico

Capítulo 1

Sustentabilidade e desempenho térmico em habitação de interesse social: aplicação da ferramenta ismas em Vitória-ES para vedações verticais¹

*Bruna Perovano Sirtuli
Jéssica de Mello Machado
Edna Aparecida Nico Rodrigues
Cristina Engel de Alvarez*

1 Link da publicação original: MACHADO, J. de M. *et al.* Sustentabilidade e Desempenho Térmico em Habitação de Interesse Social: aplicação da ferramenta ISMAS em Vitória-ES para vedações verticais. *Paranoá*, [s. l.], n. 27, p. 95-112, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/20405>

Nas últimas décadas, o Brasil tem apresentado um alto déficit habitacional, estimado em aproximadamente 6,18 milhões de moradias. Em contrapartida, foi lançado, em 2009, pelo governo federal o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), cuja proposta foi incentivar a compra da casa própria, com a oferta de edificações de baixo e médio custo, a fim de reduzir o déficit habitacional.

Diante desse contexto, o processo de execução geralmente é realizado em larga escala e de forma generalizada, muitas vezes sem considerar as particularidades climáticas, sociais e tecnológicas de cada região. No entanto, com o surgimento do Selo Casa Azul, no ano de 2010, e da NBR 15575, em 2013, consideradas importantes ferramentas para a sustentabilidade e desempenho das edificações, houve uma melhoria na qualidade da produção dessas construções, no entanto, ainda não suficientes para proporcionar o conforto ideal.

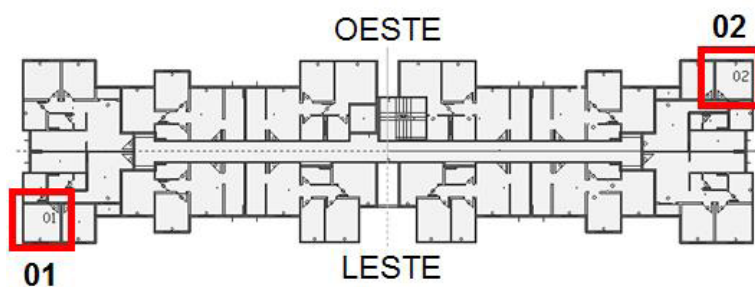
Dessa forma, o objetivo foi comparar o nível de sustentabilidade e de desempenho térmico dos materiais comumente utilizados nas vedações verticais de habitações de interesse social multifamiliares, ventiladas naturalmente, na cidade de Vitória-ES.

No estudo, avaliou-se um edifício residencial, situado no conjunto habitacional multifamiliar com padrão econômico inserido nos objetivos do PMCMV, voltado a atender um público com renda familiar de até três salários-mínimos e caracterizando-se por possuir seis pavimentos tipo tipologia usual, que vem se repetindo pelo território ao longo dos anos. As principais fachadas possuem aberturas direcionadas para as orientações leste e oeste, consideradas orientações críticas em relação à incidência solar para qualquer latitude do território brasileiro.

Para efeitos de estudo, a edificação foi localizada na cidade de Vitória-ES. As simulações foram efetuadas para dois ambientes localizados no quarto pavimento. Tal escolha justifica-se por ser um andar intermediário, não sofrendo influências diretas com as perdas térmicas através do solo e dos ganhos térmicos através da cobertura. Os ambientes selecionados estão situados na extremidade da torre. O ambiente

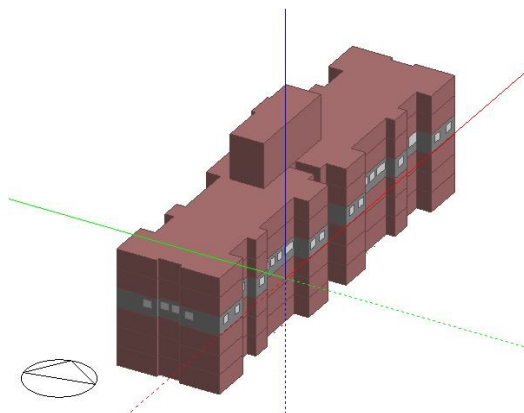
1 possui abertura voltada para a orientação leste e parede adjacente voltada para sul, enquanto o ambiente 2 possui abertura para oeste e parede adjacente para norte, ambos recebendo incidência solar de duas orientações simultaneamente (Figuras 1 e 2), proporcionando maior interação dos fatores externos com a capacidade de desempenho dos materiais, bem como das condições internas para o conforto térmico.

Figura 1 – Planta esquemática do pavimento tipo com destaque para os ambientes simulados



Fonte: os autores.

Figura 2 – Modelo computacional da edificação



Fonte: os autores.

A avaliação de sustentabilidade dos materiais foi realizada por meio Instrumento para a Seleção de Materiais Mais Sustentáveis (ISMAS), que possui como características o uso simples, prático e rápido, sendo utilizado com mínimas instruções pelos projetistas e de forma gratuita. Para a modelagem da edificação, foi selecionado o *software DesignBuilder*, versão 3.4.0.041 (2013). Para a análise das condições climáticas, utilizou-se o arquivo climático em formato *EnergyPlus Weather* (EPW), para a cidade de Vitória-ES. O modelo foi configurado considerando a edificação, conforme dimensão, especificação e orientação solar originais de projeto, alternando apenas os materiais de vedação. Para a especificação dos diferentes sistemas de fachadas, foi utilizado o critério de desempenho térmico, com base nos requisitos descritos na NBR 15575-4. O critério adotado foi o valor de transmitância térmica (U) máxima de $3,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ para paredes com absorvância de até 0,6. Foram consideradas paredes de cor clara, com absorvância equivalente a 0,2.

De acordo com o critério estabelecido, selecionou-se os sistemas de vedação com blocos de concreto e blocos cerâmicos vazados, por serem os materiais mais utilizados nesse tipo de edificação para a cidade de Vitória. Outro material utilizado para a investigação foi o bloco cerâmico maciço, que apresenta grande disponibilidade no mercado, facilidade na execução e baixo custo relativo. Além desses, também foi selecionado o sistema em *Light Steel Framing* (LSF), que, apesar de não ter uma utilização expressiva para esse tipo de edificação no estado do Espírito Santo, tem sido muito utilizado em outras regiões por apresentar maior rapidez de execução e menor percentual de perdas (Figuras 3, 4, 5 e 6). Os dados referentes às variáveis de ocupação do edifício e da zona foram baseados nas características do ambiente para uma rotina típica de ocupação. As aberturas possuem dimensões de 1,20m x 1,00m x 1,10m (L x A x P) e são constituídas por esquadrias em alumínio com uma folha em veneziana vazante e outra em vidro incolor de 3mm, com sistema de abertura de correr em duas folhas, permitindo a abertura de 50% da área da janela para ventilação natural, não possuindo quaisquer elementos de proteção solar.

Figura 3 – Bloco de concreto

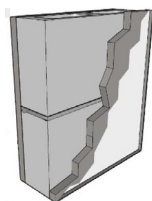


Figura 4 – Bloco cerâmico com furos

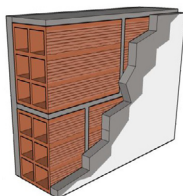


Figura 5 – Bloco cerâmico maciço

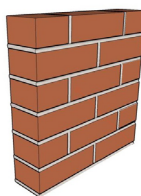
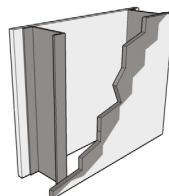


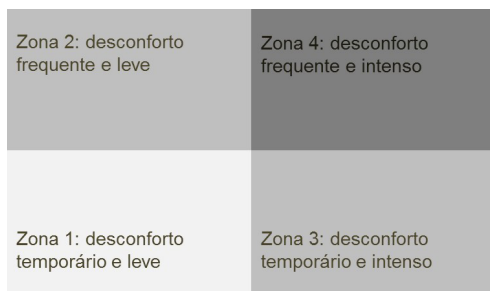
Figura 6 – *Light Steel Framing* - LSF



Fonte: os autores.

A análise de desempenho térmico dos ambientes foi estabelecida avaliando as alterações da temperatura operativa para cada hora do dia, no período do verão, por ser essa a estação mais crítica para o território brasileiro. Esse método estabelece o vínculo entre os indicadores de Frequência de Desconforto Térmico (FDT), com os Graus-horas de desconforto térmico (GhDT), considerando a ventilação natural como condicionante para a obtenção de melhores condições de conforto. A análise desses dois indicadores foi inserida no Diagrama de Flutuabilidade (Figura 7), considerando a avaliação da frequência nos níveis temporário e frequente e a condição de intensidade para os graus-horas nos níveis leve e intenso, sendo a melhor condição aquela que tende a origem dos eixos.

Figura 7 – Diagrama de flutuabilidade dos indicadores FDT e GhDT



Fonte: adaptado de Sicurella, Evola e Wurtz (2012).

Foram simulados os 21 dias, determinados pelo intervalo de confiança proposto para o período do verão, estatisticamente calculado, fundamentados na ASHRAE 55 como temperatura base para a análise do conforto térmico, obtendo-se, assim, os dias válidos para a análise.

As simulações foram realizadas em quatro etapas, utilizando-se o mesmo modelo de edificação, alternando apenas os materiais constituintes da envoltória, conforme Tabela 1. As aberturas foram mantidas iguais em todos os modelos, variando-se somente o elemento de vedação vertical.

Tabela 1 – Modelos adotados para realização das simulações

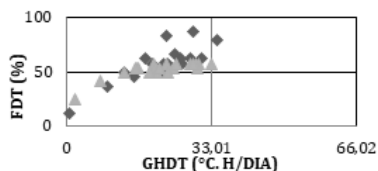
Modelos	Materiais	Abertura
M1	Bloco de concreto	Janela em alumínio com duas folhas de correr, uma em vidro e outra em veneziana vazante
M2	Bloco cerâmico com furos	
M3	Bloco cerâmico maciço	
M4	<i>Light Steel Framing</i> com placa cimentícia	

Fonte: os autores.

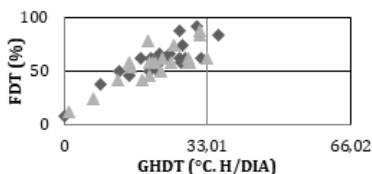
Como um dos principais resultados, o modelo M4 apresentou os piores resultados dentre os avaliados (Figura 8), com valores elevados, tanto para GhDT, quanto para FDT. Os resultados para o M4 mostraram-se ligeiramente piores para a orientação leste, provavelmente em decorrência do posicionamento da abertura em relação à direção do vento predominante (NE), dificultando, assim, a dissipação do calor proveniente da radiação solar recebida através da parede voltada para a orientação sul, que recebe maior incidência solar no verão, mesmo tendo um ângulo de incidência menor. Os modelos M1, M2 e M3 apresentaram valores semelhantes de FDT, em sua maioria, superiores a 50%, e valores mais baixos de GhDT, quando comparados ao M4 (Figura 8).

Figura 8 – Diagramas de fluutuabilidade dos modelos M1, M2, M3 e M4 para o verão

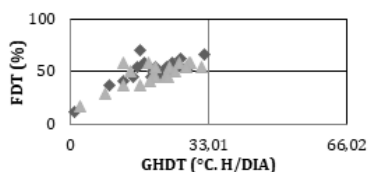
M1 – Bloco de concreto + janela com duas folhas de correr em alumínio, uma em vidro e outra em veneziana.



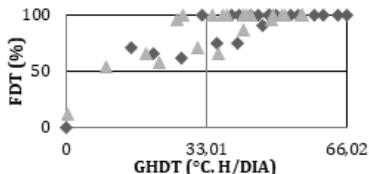
M2 – Bloco cerâmico com furos + janela com duas folhas de correr em alumínio, uma em vidro e outra em veneziana.



M3 – Bloco cerâmico maciço + janela com duas folhas de correr em alumínio, uma em vidro e outra em veneziana.



M4 – *Light Steel Framing* com placa cimentícia + janela com duas folhas de correr em alumínio, uma em vidro e outra em veneziana.



Legenda: ▲ Leste ♦ Oeste

Para melhor entendimento, deve-se comparar os quadrantes desses gráficos com os da Figura 7. Com isso, sabe-se a zona em que a maioria dos pontos estão locados e, por consequência, a frequência e intensidade de desconforto do modelo analisado. Exemplo: no gráfico do M1 a maior parte dos pontos está do quadrante esquerdo superior, que equivale a Zona 2 (Figura 7), ou seja, esse modelo apresentou, em sua maioria, desconforto frequente e leve.

Fonte: os autores.

Com relação à sustentabilidade, constatou-se que os blocos cerâmicos maciços alcançaram níveis elevados de sustentabilidade. Tal resultado deu-se, principalmente, em decorrência da possibilidade de reaproveitamento na confecção de novos materiais e por dispensarem materiais adicionais para acabamento. Os blocos cerâmicos vazados, constituídos da mesma matéria-prima dos blocos maciços, atingiram um nível alto de sustentabilidade, porém com um índice mais baixo em relação aos blocos maciços, pois, apesar de também poderem ser

reaproveitados em partes, apresentam, nesse caso, a necessidade de materiais adicionais para acabamento.

Os materiais que compõem o sistema em LSF (M4) foram avaliados de forma conjunta, apresentando tanto pontos positivos, quanto negativos. Observou-se que além de favorecer o desmonte dos perfis de aço, visando o reaproveitamento, esses ainda podem ser reutilizados de forma direta ou por meio de processamento industrial, favorecendo também a baixa geração de resíduos pela facilidade de desmontagem. Apesar disso, esse sistema apresenta maior necessidade de manutenção e possui alguns materiais — como o gesso e o isolante térmico — que não podem ser reaproveitados. Por fim, os blocos de concreto atingiram um nível muito inferior em relação aos demais tipos de materiais analisados, devido principalmente à dificuldade de reaproveitamento do material e à alta geração de resíduos no processo construtivo (Tabela 2).

Tabela 2 – Síntese dos resultados das simulações associado à avaliação de sustentabilidade

Modelo	Materiais	GhDT	FDT	Percentual de melhoria em relação a referência (M4)				Índice de sustentabilidade (ISMAS)
				GhDT		FDT		
				Leste	Oeste	Leste	Oeste	
M4	Light Steel Framing com placa cimentícia + Janela em vidro e veneziana.	66,02°C	24h	Referência (100%)		Referência (100%)		Alto
M1	Bloco de concreto + Janela em vidro e veneziana.	34,37°C	21h	47,94%	51,11%	45,45%	38,47%	Baixo
M2	Bloco cerâmico + Janela em vidro e veneziana.	35,65°C	22h	46%	49,94%	31,45%	34,10%	Alto
M3	Bloco cerâmico maciço + Janela em vidro e veneziana.	31,92°C	17h	51,65%	52,35%	41,85%	44,23%	Elevado

Fonte: os autores.

Os valores de GhDT para os blocos cerâmicos, maciços e o de concreto apresentaram-se muito próximos, e as máximas aconteceram nos mesmos dias, tanto para a orientação leste, quanto para oeste. Adotando-se os valores de GhDT e FDT do M4 como referenciais para fins de comparação de melhoria entre os modelos, constatou-se que, dentre os modelos analisados, o modelo menos desconfortável, bem como mais sustentável foi o M3 – Bloco cerâmico maciço.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15.575: Edificações Habitacionais - Desempenho*. Rio de Janeiro, 2013.

ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS 55. *ASHRAE 55: Thermal Environmental Conditions for human Occupancy*. Atlanta, 2010.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. *Déficit Habitacional no Brasil 2015*. Resultados preliminares. Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/direi-2018/856-6-serie-estatistica-e-informacoes-deficit-habitacional-no-brasil-20151810/file>. Acesso em: 22 out. 2018.

SICURELLA, F.; EVOLA, G.; WURTZ, E. A statistical approach for the evaluation of thermal and visual comfort in free-running buildings. *Energy and Buildings*, v. 47, p. 402-410, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061815306930>. Acesso em: 7 nov. 2018.

Capítulo 2

A influência dos subsistemas de vedação vertical no desempenho energético do edifício²

*Filipe Galina Costalonga
Cristina Engel de Alvarez*

2 Link da publicação original: COSTALONGA, Filipe Galina. *A influência dos subsistemas de vedação vertical no desempenho energético do edifício*. 2020. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2020. Disponível em: <https://engenhariacivil.ufes.br/pt-br/pos-graduacao/PPGEC/detalhes-da-tese?id=14388>.

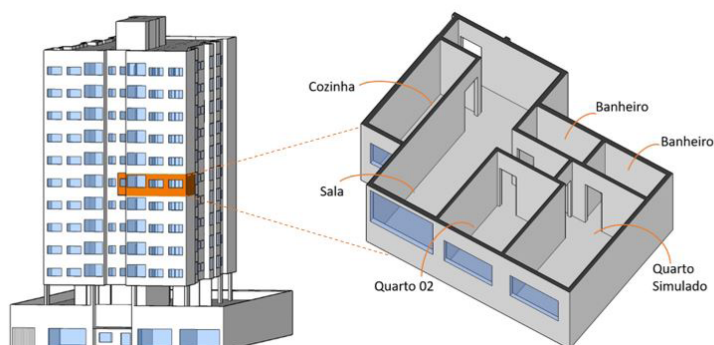
Em 1950, apenas 30% da população mundial vivia em áreas urbanas, uma proporção que cresceu para 55%, em 2018, e, para 2050, a expectativa é de que 68% da população mundial seja urbana. Em 2019, cerca de 1 em cada 8 pessoas vive em 33 megacidades com mais de 10 milhões de habitantes, e a expectativa é de que, até 2030, o mundo terá 43 megacidades, sendo a maioria delas em países em desenvolvimento. Nessas circunstâncias, reduzir o consumo de energia e as emissões de carbono provenientes dos edifícios é um aspecto de extrema importância para o desenvolvimento sustentável, bem como para novas edificações que serão construídas para suprir esta acelerada urbanização.

Diante disso, o objetivo principal foi avaliar, por meio de simulações computacionais, a influência dos subsistemas de vedação vertical e de estratégias passivas de resfriamento, no consumo energético de um ambiente de longa permanência em uma edificação residencial multifamiliar, localizada na Região Metropolitana da Grande Vitória. Os resultados foram obtidos por meio do software *Energy Plus* para o período de um ano.

Para isso, foi selecionada uma tipologia de edificação composta por uma sala de estar, dois dormitórios, cozinha, área de serviço, dois banheiros e área técnica, totalizando uma área útil de aproximadamente 60 m². A edificação em questão é constituída por um subsolo (garagem), um pavimento térreo (com portaria, três lojas e vagas de garagem), um pilotis (área de lazer e mais vagas de garagem), dez pavimentos tipo e, por fim, o barrilete e a caixa d'água (Figura 1).

O ambiente selecionado para as simulações possui uma área de 12,82 m² e apenas uma abertura para o exterior, onde foi adotado um modelo padrão de janela, considerado o mais usado na região. Esse modelo é constituído por um sistema de abertura de correr com duas folhas, formado por esquadrias em alumínio e panos de vidro incolor, que permitem a abertura de 50% da área de janela para ventilação natural.

Figura 1 – Perspectiva da unidade habitacional adotada nas simulações



Fonte: os autores.

Para as paredes da envoltória, foram analisados três tipos de vedações: bloco cerâmico e bloco de concreto, por serem considerados materiais usuais no território nacional, e o sistema de *steel frame*, por estar se tornando cada vez mais conhecido e utilizado na construção civil.

Os blocos cerâmicos e de concreto possuem 9 cm de espessura e acabamento com reboco e pintura na cor clara em ambas as faces, totalizando uma espessura final de 14 cm. Já o sistema em *steel frame* possui montantes e isolante térmico em lã de rocha com 9 cm de espessura, ambos revestidos por uma placa de gesso na parte interna com 1,25 cm e por uma placa cimentícia de 1 cm de espessura na parte externa, com acabamento em cores claras para ambas as faces.

Além dos três sistemas construtivos considerados e da janela adotada como padrão, avaliou-se outras duas variáveis: o uso do sombreador na janela e o uso da fachada ventilada adaptada aos sistemas construtivos.

Em relação à janela, considerou-se o mesmo modelo, com as mesmas características e dimensões, porém com venezianas para possibilitar seu total sombreamento e, ao mesmo tempo, permitir a ventilação contínua, o que permitiu analisar a influência do sombreamento no desempenho energético do ambiente. A outra variável avaliada foi a combinação da fachada ventilada com os sistemas de

vedação vertical mencionados anteriormente. Considerou-se um sistema com perfis metálicos fixados à vedação vertical do edifício que, por sua vez, recebe o fechamento por meio de placas cimentícias com 1,5 cm de espessura, afastadas 10 cm da vedação, proporcionando um fluxo contínuo de ventilação e podendo vir a minimizar o impacto causado pela incidência solar nas paredes que envolvem os ambientes.

Para sintetizar os resultados, a Tabela 1 apresenta uma compilação das simulações realizadas com os resultados dos consumos energéticos (kWh/ano) e seus respectivos gastos (R\$). Destacou-se, também, o maior consumo (em vermelho) e o menor (em verde) para as estratégias que apresentaram os maiores e menores valores para cada orientação analisada.

Destaca-se que para todas as orientações, os valores extremos foram observados para a estratégia sem sombreador e sem fachada ventilada (pior desempenho) e para a estratégia com fachada ventilada e sombreador (melhor desempenho). Para a orientação norte, a estratégia sem sombreador e sem fachada ventilada apresentou o pior resultado e tendo o menor consumo para o sistema em *steel frame* (702,50 kWh/ano) e o maior consumo de energia para sistema em blocos de concreto (737,71 kWh/ano). Em relação ao melhor desempenho (com fachada ventilada e sombreador) entre todas as estratégias analisadas para a orientação norte, o sistema construtivo em *steel frame* apresentou o maior consumo (322,69 kWh/ano), e o sistema construtivo em blocos de concreto, o menor (300,33 kWh/ano).

Após a análise dos resultados obtidos por meio das simulações computacionais, concluiu-se que o ambiente que utilizou tanto o sistema construtivo em *steel frame*, como o sistema com blocos cerâmicos e com blocos de concreto, sem o uso do sombreador na abertura do ambiente e sem o uso da fachada ventilada, apresentou o maior consumo energético em todas as orientações analisadas, com destaque para a orientação norte, onde o consumo anual superou os 700 kWh para todos sistemas construtivos considerados.

Tabela 1 – Síntese com o somatório anual das simulações analisadas

Orientações	Estratégias	Sistemas Construtivos					
		Steel Frame		B. Cerâmico		B. Concreto	
		kWh/ ano	R\$/ ano	kWh/ ano	R\$/ ano	kWh/ ano	R\$/ ano
Norte	Sem Sombreador e F. Ventilada	702,50	526,35	725,36	543,36	737,71	552,60
	Com Sombreador	552,32	410,55	556,06	418,38	569,93	431,02
	Com F. Ventilada	475,34	357,91	474,42	358,61	468,88	353,66
	Com F. Ventilada e Sombreador	322,69	242,12	304,12	228,21	300,33	226,56
Leste	Sem Sombreador e F. Ventilada	679,90	509,23	684,82	512,74	699,36	523,62
	Com Sombreador	553,53	412,47	557,48	415,31	567,27	424,13
	Com F. Ventilada	440,67	330,99	434,27	323,02	419,55	314,17
	Com F. Ventilada e Sombreador	297,49	224,06	264,44	199,96	253,66	188,50
Sul	Sem Sombreador e F. Ventilada	570,10	426,91	573,93	429,57	583,35	436,61
	Com Sombreador	513,34	384,21	513,87	386,61	522,14	392,94
	Com F. Ventilada	380,70	286,02	365,83	274,92	361,54	270,69
	Com F. Ventilada e Sombreador	237,26	179,30	201,97	150,34	200,53	148,44
Oeste	Sem Sombreador e F. Ventilada	675,78	506,13	681,51	510,24	689,26	516,03
	Com Sombreador	525,65	394,78	526,35	392,88	534,71	402,50
	Com F. Ventilada	463,70	349,22	463,16	346,96	449,87	335,41
	Com F. Ventilada e Sombreador	320,52	237,88	290,86	219,40	282,09	211,57

Fonte: os autores.

Esse comportamento repetiu-se para o ambiente simulado apenas com o sombreador na abertura. Essa situação apresentou um melhor desempenho, mas, ainda assim, foi o segundo maior consumo observado em todas as orientações, com um valor médio acima dos 500 kWh/ano. Contudo, vale ressaltar a importância do sombreador na abertura, influenciando diretamente na minimização do consumo

energético, apresentando uma economia que chegou a 22% para os ambientes com abertura voltada para oeste.

Destaca-se que nos cenários — com sombreador e sem sombreador e sem fachada ventilada — em todas as orientações, o sistema construtivo em *steel frame* apresentou o menor consumo, em contrapartida, o sistema com blocos de concreto foi responsável pelo pior desempenho, nos mesmos cenários.

O melhor desempenho do sistema *steel frame* foi em decorrência da baixa transmitância térmica e melhor isolamento térmico, proporcionando ao ambiente temperaturas mais amenas, o que resultou em um menor consumo energético. Ao mesmo tempo, o sistema com blocos de concreto, com maior transmitância térmica entre os sistemas avaliados, obteve os piores resultados. Isso reforça a relevância da escolha de materiais com baixa transmitância térmica para as paredes.

Já em relação ao ambiente simulado com o uso da fachada ventilada e sem o uso do sombreador, observou-se uma mudança na influência dos materiais construtivos no consumo energético do ambiente. Para essa situação e em todas as orientações analisadas, o ambiente com *steel frame* apresentou o maior consumo energético. Por sua vez, o sistema com blocos de concreto foi o mais eficiente. Essa mudança na ordem do sistema mais eficiente em relação aos ambientes sem o uso da fachada ventilada reforça a importância e a influência do sombreamento na envoltória, que apresentou uma grande redução no consumo energético, variando de 31 para 35% na orientação oeste, de 32 para 36% norte, de 33 para 38% sul e de 35 para 40% na orientação leste.

O melhor desempenho foi com a utilização da fachada ventilada e com o sombreador na abertura simultaneamente. Para essa situação, foi observado o menor consumo energético em todas as orientações simuladas, com destaque para o sistema construtivo em bloco de concreto, que alcançou uma economia de 66% para a orientação sul.

Salienta-se, ainda, o fato da maior transmitância térmica do sistema construtivo em blocos de concreto, que, quando utilizado em

conjunto com a fachada ventilada, teve seu desempenho favorecido frente aos sistemas construtivos com menor transmitância térmica. Esse resultado vai contra o discurso generalista de que sistemas construtivos com maior transmitância térmica não são ideias para ambientes situados em regiões de clima quente. A pesquisa demonstrou que mesmo sistemas construtivos tradicionais, considerados menos eficazes, quando utilizados em conjunto com estratégias passivas de resfriamento, podem ser altamente eficientes na obtenção de redução do consumo energético dos ambientes.

Em relação ao valor gasto com o uso do aparelho condicionador de ar para a refrigeração do ambiente simulado — considerando todas as variáveis —, entre a situação que apresentou o maior custo (norte, bloco de concreto, sem sombreador e sem fachada ventilada, R\$ 552,60/ano) e a que foi mais econômica (sul, bloco de concreto, fachada ventilada e sombreador, R\$ 148,44/ano), observou-se uma economia de R\$ 404,16/ano, o que reforça mais a importância da busca da efficientização energética dos edifícios residenciais. Dessa forma, e ainda que aos poucos, os expressivos impactos causados pelo setor da construção civil demonstrados no início desta pesquisa poderão ser minimizados, não apenas no âmbito ambiental, mas também no econômico.

Capítulo 3

A pele dos edifícios comerciais: análise de desempenho térmico dos sistemas de fachada e materiais de revestimento³

Liane Becacici Gozze Destefani

Edna Aparecida Nico Rodrigues

3 Link da publicação original: DESTEFANI, Liane Becacici Gozze. *A pele dos edifícios comerciais: análise de desempenho térmico dos sistemas de fachada e materiais de revestimento*. 2020. 187f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2020. Disponível em: <https://arquitetura.ufes.br/pt-br/pos-graduacao/PPGAU/detalhes-da-tese?id=14646>.

Com a industrialização, uma das principais modificações observadas nas cidades foi a verticalização dos edifícios. Nos centros urbanos, o espaço disponível para novas construções fica mais escasso. Impulsionada pelo acréscimo no valor dos terrenos e pelas intenções de lucro do setor imobiliário, a verticalização ajuda a maximizar a utilização dos terrenos e a infraestrutura urbana. Para os edifícios altos, torna-se comum a aplicação de soluções arquitetônicas internacionais, como os prismas de vidro, ignorando as intervenções causadas na paisagem urbana e as alterações climáticas que provocam. Nos países de clima tropical, as altas temperaturas têm demandado a larga utilização de sistemas de climatização fazendo com que os edifícios comerciais funcionem como uma caixa hermética, que recebe interferência das radiações solares na fachada, produz calor internamente por meio dos usuários e dos equipamentos e utiliza o ar-condicionado para dissipar esse calor.

Diante da preocupação crescente com a sustentabilidade, os projetos arquitetônicos buscam soluções aos desafios ambientais e tecnológicos, observando questões como a orientação do sol e ventos, a geometria dos edifícios, as condicionantes ambientais, os materiais de estrutura e vedação, o tratamento das fachadas e coberturas, a proporção da área de aberturas e as proteções solares. Os órgãos de regulação da sociedade passaram também a exigir controles mais rígidos nos projetos e nas construções.

A fachada ocupa uma posição de destaque no projeto, além de ser a parte mais importante para proteção das edificações frente aos agentes externos. À medida que as edificações ficam mais altas, mais expostas ficam suas fachadas e maior deve ser a preocupação com esse requisito de desempenho do ponto de vista da vedação vertical. A escolha do revestimento de fachada, na maioria das construções, está relacionada diretamente ao seu custo, estética e disponibilidade do material no mercado e, em muitos casos, não considera o desempenho e as características do produto.

Diversos são os sistemas de fachada disponíveis no mercado da construção civil para especificação em projetos de arquitetura de edifícios comerciais verticais. O sistema de fachada que utiliza o reboco sobre a alvenaria com acabamento em pintura é a solução mais simples e econômica existente atualmente no mercado. As pinturas têm a função de proteger os revestimentos de argamassa contra o esfarelamento e da ação de umidade, reduzindo a absorção de água e inibindo o desenvolvimento de agentes biológicos. O revestimento cerâmico é muito utilizado nas construções brasileiras, pois protege de infiltrações externas, garante conforto térmico ao interior das edificações, oferece boa resistência às intempéries e à maresia, funciona como proteção mecânica de grande durabilidade, tem longa vida útil e é de fácil limpeza e manutenção. Porém, é constante o aparecimento de patologias nas fachadas revestidas com cerâmicas, além de apresentar grande desperdício de material durante a execução.

Os materiais rochosos são utilizados na construção civil há milhares de anos pela grande diversidade e beleza de seus padrões estéticos, além dos aspectos funcionais de grande durabilidade. Existem basicamente dois tipos de fixação das placas de rochas nas fachadas. O sistema por aderência, que utiliza argamassa colante, e o sistema que utiliza *inserts* metálicos, que elimina o contato direto da rocha com a vedação do edifício, permitindo que o material seque mais rapidamente. Os painéis compostos de alumínio ou *Aluminium Composite Material* (ACM) são compostos por duas chapas de alumínio e um núcleo de polietileno, totalizando uma espessura de 4 mm, sustentado por uma subestrutura reticulada de alumínio, parafusada no edifício. Os painéis de ACM podem ser conformados e perfilados na fábrica e montados no local; é bastante leve, maleável, liso, estanque, tem bom desempenho térmico e acústico e resistência às condições climáticas e corrosão.

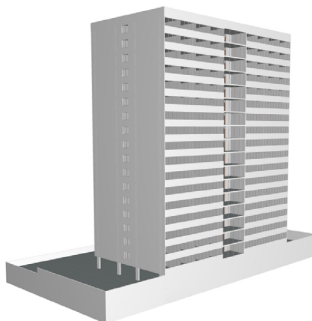
As placas cimentícias são fabricadas com cimento Portland, fibras de celulose ou sintéticas e agregados. Também conhecido como fibrocimento, é um material leve, não combustível e resistente

à chuva. Pode ser facilmente manipulado, cortado e perfurado e instalado em fachadas ventiladas ou em sistema de *Light Steel Frame*, funcionando como vedação externa e sendo composta com placas em gesso acartonado no interior dos ambientes. Os sistemas em pele de vidro evoluíram bastante ao longo dos anos com ganhos em velocidade de instalação, qualidade dos componentes e com a diminuição da exposição da subestrutura metálica. Encontram-se, no mercado da construção, soluções eficientes para controle solar, diminuindo a transmissão de calor para o interior da edificação sem prejudicar a iluminação dos ambientes.

Os sistemas de fachada ventilada são compostos por uma subestrutura metálica ancorada à estrutura principal da edificação sobre a qual são fixados os painéis de fechamento que podem ser painéis de alumínio composto (ACM), laminados melamínicos, painéis de concreto polimérico, placas de rocha ou painéis cerâmicos extrudados. Entre esses painéis e a vedação interna, existe uma camada de ar circulante provocado pelo efeito chaminé, no qual o ar quente tende a subir, melhorando o isolamento térmico e eliminando a transmissão direta de calor para a vedação interna do edifício.

A fim de analisar o comportamento térmico dos diversos sistemas de fachadas em edifícios comerciais, este estudo aplicou tais sistemas e materiais em um modelo de edifício (Figura 1) com 17 pavimentos de escritórios; planta retangular (19 x 35 m), com circulação vertical central e uma circulação horizontal (corredor) que divide as salas na direção da fachada principal e da fachada de fundos, localizado no bairro Enseada do Suá, na cidade de Vitória, que possui clima definido como quente e úmido. Considerou-se uma ocupação de 4 pessoas por sala, trabalhando 8 horas diárias e a carga térmica de iluminação e equipamentos necessários às atividades de escritório. Para determinar a necessidade do uso de ar-condicionado, estipulou-se a temperatura de conforto entre 23,5°C e 26,5°C.

Figura 1 – Edifício modelo



Fonte: as autoras.

Foram, então, modelados e simulados por meio do software Arquicad, 7 sistemas de fachadas em 11 modelos: M01 – Pintura; M02 – Cerâmica; M03 – Placas de rochas; M04 – ACM; M05 – Light Steel Frame com painéis cimentícios; M05.2 – Light Steel Frame com painéis cimentícios e isolamento interno; M06 – Pele de vidro comum incolor; M07 – Pele de vidro comum colorido; M08 – Pele de vidro duplo incolor; M09 – Pele de vidro duplo colorido; e M10 – Fachada ventilada com porcelanato. Os resultados do consumo energético desses modelos foram apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados das simulações dos modelos com orientação leste-oeste

Modelo	Temp. Mínima (°C)	Temp. Média (°C)	Temp. Máxima (°C)	Horas de climatização (h)	Gasto Anual (KWh/ano)	Custo anual (R\$ /ano)
M01	21,02	31,82	44,20	2073	827.000	434.907
M02	21,20	31,95	44,23	2076	826.000	434.387
M03	23,64	34,23	46,63	2088	817.000	429.933
M04	23,64	34,23	43,34	2088	818.000	430.160
M05	22,53	33,87	47,08	2087	758.000	398.776
M05.2	22,54	33,58	46,48	2087	826.000	434.489
M06	22,05	34,77	49,57	2087	876.000	460.808
M07	21,24	33,02	46,92	2085	880.000	463.011
M08	25,15	39,09	55,50	2088	874.000	459.777
M09	24,06	36,64	51,46	2088	874.000	459.917
M10	23,41	34,27	47,10	2088	751.000	395.335

Fonte: as autoras.

Para a análise do custo com climatização, estipulou-se um tipo de aparelho de ar-condicionado split para cada sala e verificou-se o custo de fornecimento de energia pela concessionária. Para os sistemas de fachada com materiais opacos, foi utilizado o percentual de abertura (janelas) de 25% das envoltórias e, para os sistemas com pele de vidro, 67%. As simulações foram realizadas com a fachada principal do edifício na orientação oeste.

Observa-se nos resultados apresentados na Tabela 1 a necessidade de climatização em 100% das horas de ocupação dos ambientes. Os modelos M01 e M02 são os sistemas que apresentam as menores temperaturas internas, porém, dentre os sistemas com 25% de abertura de fachada (janelas), foram os menos eficientes. Deduz-se que o elevado valor de transmitância térmica (valor U) dos materiais que compõem esses sistemas de fachada permite grandes trocas de calor entre interior e exterior, possibilitando que o calor produzido internamente seja dissipado através da fachada, permitindo, também, a dissipação da climatização produzida.

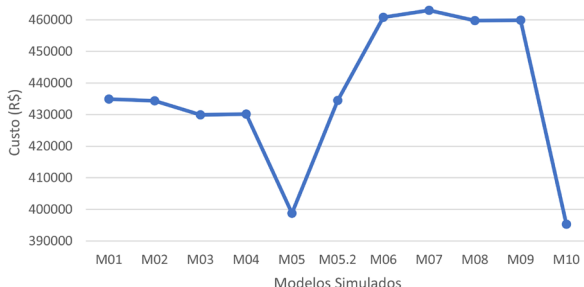
No Gráfico 1, os resultados obtidos pelas simulações demonstraram que os modelos M03 e M04, por utilizarem uma separação entre o material de revestimento e a base da fachada (alvenaria) utilizando suportes metálicos com uma camada fina de ar, reduziu o consumo de energia com climatização. A fina camada de ar que se localiza entre a vedação interna do edifício, em alvenaria, e a vedação externa, em placa de rocha ou ACM, caracteriza-se como uma barreira. No modelo M05, utilizando-se gesso acartonado e placa cimentícia, verifica-se uma redução no consumo de energia significativo. Nesse caso, além do aumento na espessura da camada de ar, a modificação dos materiais que compõem as camadas de vedação da edificação altera significativamente o valor U (transmitância térmica) do sistema de fachada.

Vale ressaltar que a absorvância para cada sistema de fachada foi mantida em 30% em todas as simulações. A utilização de isolamento térmico com lã de rocha, no interior das paredes de gesso acartonado

e placa cimentícia, indica pouca modificação nas temperaturas internas e um leve aumento no valor U do sistema. Porém, o consumo de energia se eleva novamente. Isso se dá, pois o valor da condutividade térmica da lã de rocha é superior ao do volume de ar. Esse resultado indica, então, que tal isolamento é desnecessário nos edifícios comerciais e pode, inclusive, reduzir a eficiência energética do edifício.

Os resultados dos modelos M06 a M09 indicam aumentos consideráveis nas temperaturas internas dos ambientes, relacionadas à maior absorção de energia solar possibilitada pelo maior percentual de abertura da fachada (vidro), que é de 67%. Os valores para os custos com climatização indicam também um acréscimo muito expressivo. Observa-se também que o vidro duplo apresenta uma leve melhora na eficiência do sistema de climatização em relação ao vidro simples. Essa economia é, porém, irrisória, e não justificaria o custo inicial de implantação de um sistema mais caro e complexo. A colocação de vidros coloridos indica uma leve redução nas temperaturas internas médias, porém acusa um pequeno aumento no custo de climatização.

Gráfico 1 – Custo com energia para climatização



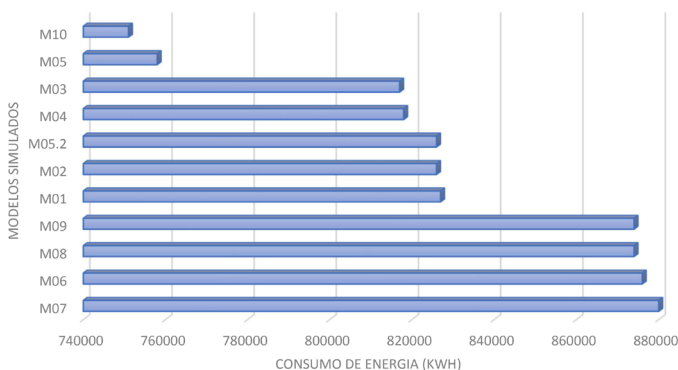
Fonte: as autoras.

Diante do exposto, dentre os sistemas que utilizam pele de vidro, os vidros incolores foram mais eficientes em relação aos vidros coloridos e os vidros duplos foram mais eficientes em relação ao vidro

simples. Fica evidente nos resultados que o aumento do percentual de abertura com vidros nas fachadas reduz substancialmente a eficiência energética do edifício. Em relação aos sistemas com maior percentual de superfície opaca, o sistema de fachada ventilada foi a solução que mais economizou energia dentre todas as opções de sistemas. A simulação dessa opção de sistema de fachada, porém, não ocorreu com a circulação do ar entre a vedação vertical mais interna e a segunda pele, assim sendo, o movimento de circulação do ar não foi considerado.

A partir dos resultados analisados, foi efetuada a classificação dos sistemas em relação ao desempenho térmico (Gráfico 2). A definição do melhor sistema de fachada para um edifício depende de inúmeros fatores e a eficiência energética é somente um deles. A economia de energia relacionada à redução do aquecimento da fachada e dos ambientes interiores é, sem dúvida, um fator de grande importância na sustentabilidade do edifício ao longo do seu ciclo de vida.

Gráfico 2 – Classificação de eficiência energética dos modelos simulados



Fonte: as autoras.

Capítulo 4

Habitação de interesse social: uma abordagem termoenergética⁴

*Nayara Salera Malta
Edna Aparecida Nico Rodrigues*

4 Link da publicação original: MALTA, Nayara Salera. *Habitação de interesse social na ZB8: uma abordagem termo energética*. 2020. 207f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2020. Disponível em: <https://lpp.ufes.br/habitacao-de-interesse-social-na-zb8-uma-abordagem-termo-energetica>.

A carência habitacional brasileira fomenta a construção em massa das habitações de interesse social, que são replicadas em diferentes regiões do país, desconsiderando as particularidades climáticas do local de inserção. Criado em 2009, o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) reduziu significativamente o déficit brasileiro de moradias, mas, por descumprir princípios de adaptação ambiental, o PMCMV ainda se apresenta qualitativamente deficitário (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2012).

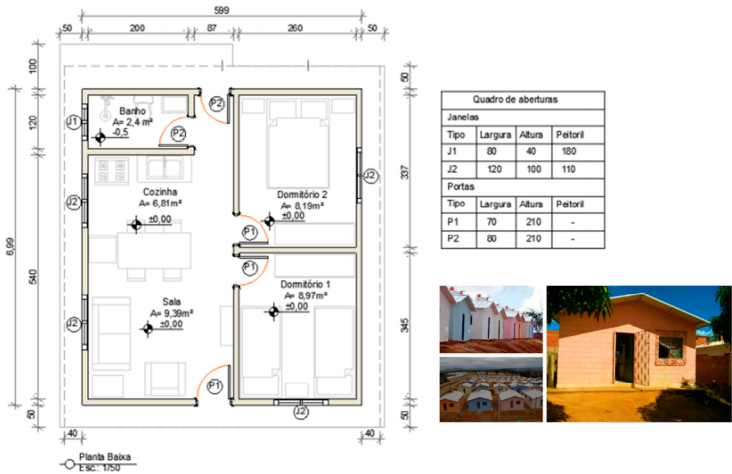
Diante desse cenário, avaliou-se o desempenho termoenergético de um modelo original de habitação de interesse social (MO), correspondente a uma tipologia unifamiliar do PMCMV, amplamente replicada em território nacional, implantado na Zona Bioclimática (ZB)⁵, comparando-o a propostas habitacionais, que consistiram em combinações de soluções e materiais construtivos adequados ao clima local. O MO (Figura 1) foi caracterizado, verificando a compatibilidade entre os requisitos da NBR 15220:3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005) e as dimensões e propriedades térmicas dos componentes da envoltória. Em seguida, foram propostas alterações ao MO, adequando os parâmetros que não correspondiam à norma, originando 8 Protótipos Habitacionais (PHs), codificados segundo sua composição paramétrica (Figuras 2 e Quadro 1).

A cidade de Vitória foi selecionada, e os modelos foram configurados e simulados no *software EnergyPlus*. O MO foi simulado de hora em hora, tendo a fachada frontal orientada a norte, a sul, a leste e a oeste, em todas as estações do ano. A pior orientação de implantação foi utilizada como a referência para a simulação dos PHs, considerando também as simulações horárias e para todas as estações do ano. Nessa fase, também foram utilizados padrões de ocupação,

5 Região geográfica que engloba a cidade de Vitória, caracterizada por clima quente e úmido, homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

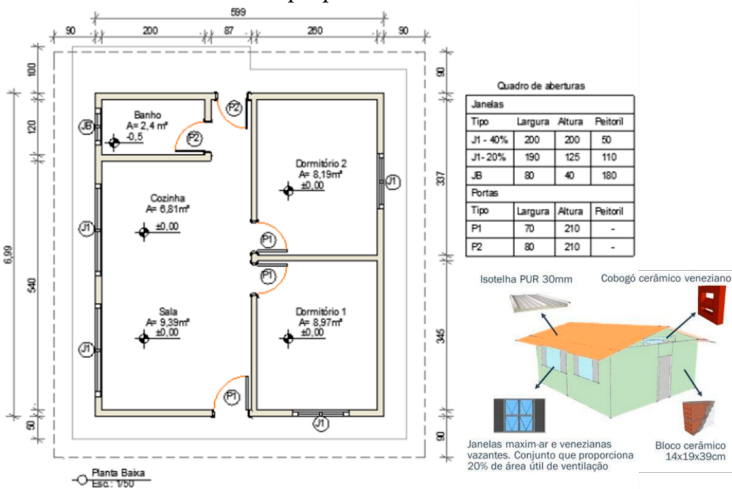
usuário, equipamentos e iluminação, segundo a NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Figura 1 – Planta e imagem das habitações de interesse social do CHAS (MO)



Fonte: as autoras.

Figura 2 – Planta e maquete eletrônica das habitações de interesse social propostas (PHs)



Fonte: as autoras.

Quadro 1 – Codificação dos protótipos

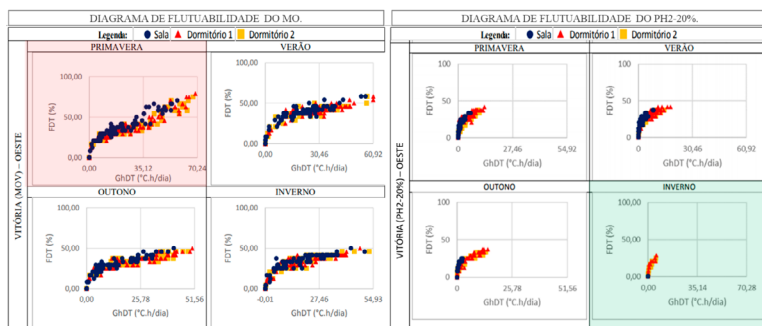
Código	Tipo de conjunto – PH
PH1V – 20%	Bloco cerâmico + isotelha 30mm com laje pré-moldada 12cm com recheio de EPS + jan. Venz. Vertical com 20% de área útil de ventilação
PH1V – 40%	Bloco cerâmico + isotelha 30mm com laje pré-moldada 12cm com recheio de EPS + jan. Venz. Vertical com 40% de área útil de ventilação
PH2V – 20%	Bloco cerâmico + isotelha 30mm com forro PVC + jan. Venz. Vertical com 20% de área útil de ventilação
PH2V – 40%	Bloco cerâmico + isotelha 30mm com forro PVC + jan. Venz. Vertical com 40% de área útil de ventilação
PH3V – 20%	Bloco concreto + isotelha 30mm com laje pré-moldada 12cm com recheio de EPS + jan. Venz. Vertical com 20% de área útil de ventilação
PH3V – 40%	Bloco concreto + isotelha 30mm com laje pré-moldada 12cm com recheio de EPS + jan. Venz. Vertical com 40% de área útil de ventilação
PH4V – 20%	Bloco concreto + isotelha 30mm com forro PVC + jan. Venz. Vertical com 20% de área útil de ventilação
PH4V – 40%	Bloco concreto + isotelha 30mm com forro PVC + jan. Venz. Vertical com 40% de área útil de ventilação

Fonte: as autoras.

A análise dos dados de saída da simulação, por meio dos indicadores de Graus-hora de Desconforto Térmico (GhDT) e da Frequência de Desconforto Térmico (FDT), relacionados no diagrama de fluutuabilidade, tendo a ventilação natural das moradias como premissa das análises, indicando qual o desempenho de cada proposta. Adotando a utilização de um aparelho ventilador elétrico em cada Ambiente de Permanência Prolongada (APP), sempre que esse estivesse ocupado e fosse constatado o desconforto térmico, os ambientes selecionados para análise foram: sala, dormitório 1 e dormitório 2. Posteriormente, analisou-se a eficiência energética de cada modelo, considerando mais eficientes as propostas que demandassem menor consumo de energia elétrica para a operação dos ventiladores. A partir do panorama de consumo de energia dos modelos, avaliou-se a viabilidade econômica para a implementação das alterações propostas.

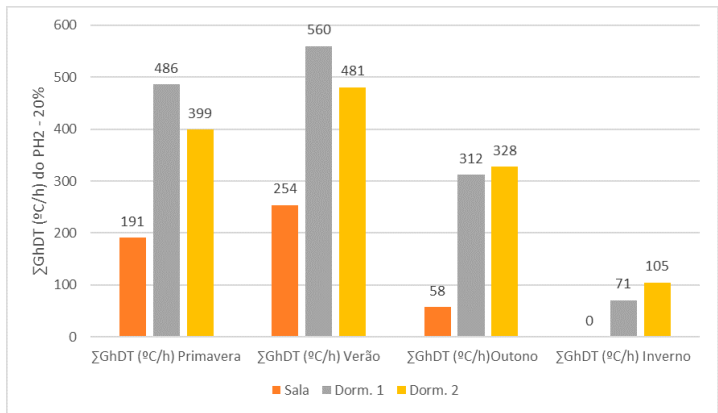
Os resultados obtidos indicaram que a orientação oeste consistiu na pior implantação para o MO, em Vitória. Por isso, os PHs também foram simulados considerando a orientação da fachada frontal a oeste. As simulações demonstraram que o PH2-20% se consolidou como a melhor solução construtiva para a tipologia habitacional analisada, como mostrado no diagrama de fluabilidade da Figura 3, que permite visualização comparativa do desempenho do MO e do PH2-20% em cada estação do ano. O diagrama indica que as situações de desconforto mais intenso e frequente do usuário ocorrem quando as curvas avançam em direção à direita e para cima. Logo, o maior desconforto foi obtido do MO, durante a primavera, chegando a 70,24 °C.d/dia, e o menor desconforto foi obtido no PH2-20%, durante o inverno, com a ausência total de desconforto térmico em um APP da habitação. Os Gráficos 1 e 2 apresentam, numericamente, a redução do desconforto proporcionada pelo PH2-20%, em relação ao MO.

Figura 3 – Diagrama de fluabilidade comparativo entre o MO e o PH2-20%, em Vitória. Em destaque vermelho, o pior cenário (primavera, no MO) e o melhor cenário em verde (inverno, no PH2-20%)



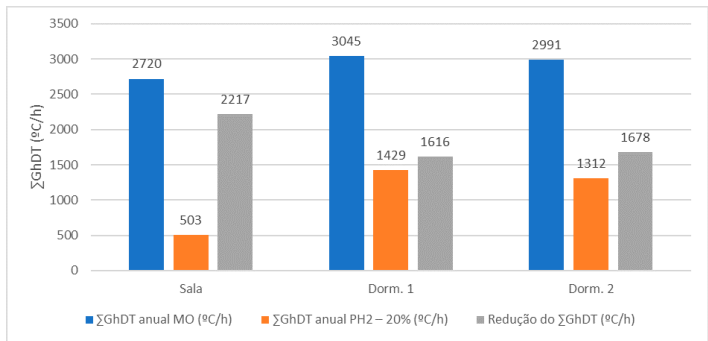
Fonte: as autoras.

Gráfico 1 – Resultado do PH2 – 20% que caracterizou o melhor protótipo dentro todos os simulados (por estação)



Fonte: as autoras.

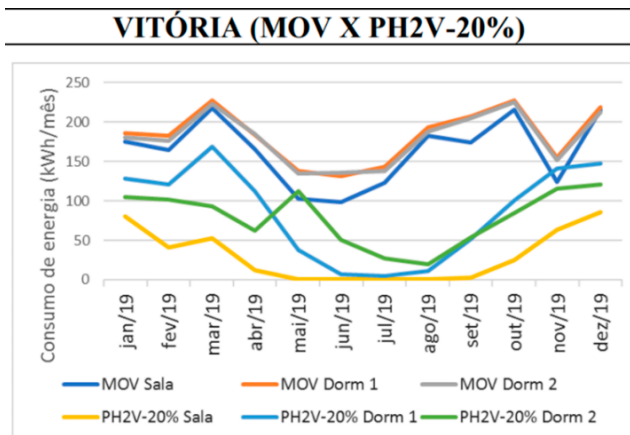
Gráfico 2 – Comparação entre o desempenho térmico do MO e do PH2 – 20%



Fonte: as autoras.

Assim, aplicando as devidas tributações tarifárias do estado do Espírito Santo, pode-se comparar a eficiência energética do MO e do PH2V-20%. Os resultados apontaram a redução no consumo de energia elétrica destinada à operação de ventiladores, demonstrado mensalmente na Figura 4, totalizando uma minimização anual de 62,94%, correspondentes a 3967,2 kWh/ano.

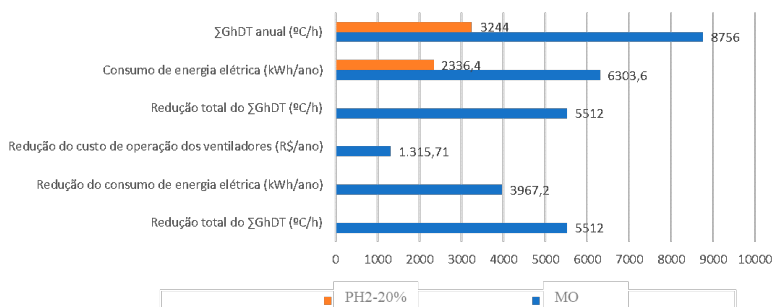
Figura 4 – Consumo de energia elétrica do MO e do PH2V-20%, em Vitória



Fonte: as autoras.

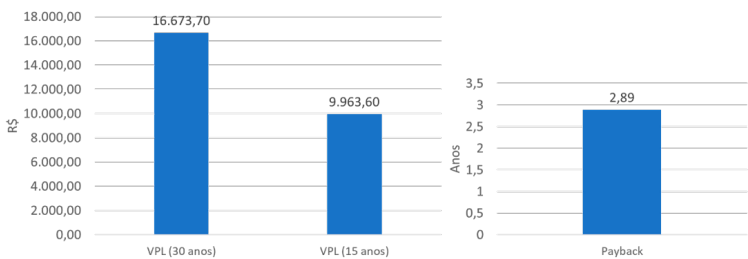
Observou-se, consequentemente, a redução dos custos, proporcionando 4,23% de economia na renda anual familiar da Faixa 1,5 do PMCMV. Constatou-se, também, que os investimentos de alteração da envoltória foram considerados viáveis e vantajosos. Os resultados obtidos foram sintetizados por meio dos Gráficos 4 e 5:

Gráfico 4 – Desempenho termoenergético dos modelos (MO x PH2-20%)



Fonte: as autoras.

Gráfico 5 – Viabilidade econômica do PH2-20%



Fonte: as autoras.

Ratifica-se, portanto, que as alterações propostas por meio do PH2-20% representam melhorias e se caracterizaram como viáveis e lucrativas, dentro dos parâmetros fixados, indicando que a adaptação da habitação ao clima local pode otimizar significativamente o desempenho termoenergético nas moradias, caracterizando um instrumento de redução de despesas e melhoria da qualidade de vida da população de baixa renda. O Quadro 3 sintetiza os resultados obtidos pelo MO e pelo PH2-20%, quanto ao desempenho termoenergético:

Quadro 2 – Síntese dos resultados obtidos pelo MO e pelo PH2-20% (Bloco cerâmico + isotelha 30mm com forro PVC + jan. Venez. Vertical com 20% de área útil de ventilação)

	$\Sigma GhDT$ anual (°C/h) para a orientação de referência	Custo de operação dos ventiladores (R\$/ano)	Valor líquido de retorno em (30 anos)	Valor líquido de retorno em (15 anos)	Tempo de retorno do investimento (PH2-20%)	Caracteriza uma substituição viável quanto à melhoria do desempenho termoenergético e ao valor investido?
MO	8.756	2.091,97	16.673,70	9.963,60	2,89	Sim
PH2-20%	3.245	775,26				

Fonte: as autoras.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento*

bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15575: Edificações Habitacionais - Desempenho*. Rio de Janeiro, 2013.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de Estatística e Informações. *Déficit habitacional no Brasil 2009*. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.mg.gov.br/consulta/consultaDetalheDocumento.php?iCodDocumento=76700>. Acesso em: 3 jan. 2020.

Capítulo 5

Adaptação de edificações aos efeitos das mudanças climáticas na cidade de Vitória⁶

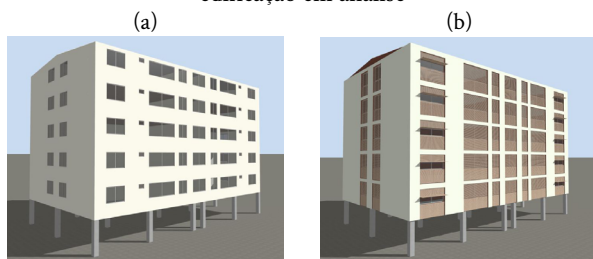
*Jéssica de Mello Machado
Edna Aparecida Nico Rodrigues*

6 Link da publicação original: MACHADO, Jéssica de Mello. *Avaliação de desempenho térmico em edificações multifamiliares considerando as mudanças climáticas futuras*. 2019. 175f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2019. Disponível em: http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_13348_J%C9SSICA%20MACHADO%20-%20VERS%C3O%20FINAL.pdf.

Nas últimas décadas, os padrões climáticos têm sofrido alterações que evidenciam uma tendência de aquecimento em longo prazo na temperatura média global da Terra e, por consequência, o agravamento de impactos ambientais que afetam diretamente as condições de vida no planeta. Diante desse impasse, torna-se necessário adaptar as edificações ao novo padrão do clima, tanto os edifícios novos, quanto os existentes. Assim, estratégias passivas de construção se constituem como soluções valiosas para melhorar o desempenho em prol da eficiência energética e de um futuro mais sustentável.

O intuito deste trabalho foi avaliar o desempenho térmico de um edifício residencial naturalmente ventilado na cidade de Vitória, considerando estratégias projetuais passivas para mitigação do efeito das mudanças climáticas. Para esta finalidade, foram utilizados os *softwares* *CCWorldWeatherGen* para a conversão de arquivo climático atual em arquivo futuro e o *software* *DesignBuilder* para a modelagem e simulações computacionais dos modelos paramétricos. A tipologia arquitetônica adotada consiste em um edifício de cinco pavimentos sobre pilotis, com paredes em bloco cerâmico, considerado um modelo representativo com características comuns dos edifícios construídos em diferentes regiões do Brasil, denominado Modelo de referência (MR), como na Figura 1a. A partir desse modelo padrão, outro modelo foi estabelecido com adaptações na envoltória, denominado o Modelo Proposto (MP), como na Figura 1b.

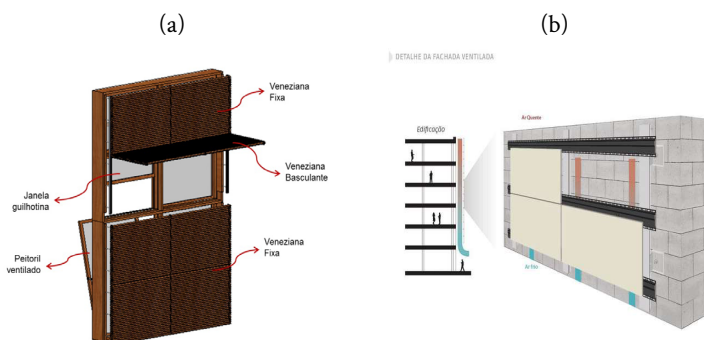
Figura 1 – Modelo de Referência (a) e Modelo Proposto (b) para a edificação em análise



Fonte: as autoras.

Para adequação do MR aos parâmetros instituídos pela NBR 15220-3:2005, houve a necessidade de ampliar o tamanho das aberturas e inserir elementos que, além de possibilitarem o sombreamento, permitissem também o controle da entrada de ventilação por meio de sistemas de abertura diferenciados e multifuncionais. A partir desses critérios, foi proposto um modelo de janela segmentada em duas partes: a inferior — correspondente a um peitoril ventilado — e a superior — do tipo guilhotina —, permitindo a ventilação de conforto e higiênica e o manuseio da esquadria de forma mais adequada (Figura 2a). Além disso, pensando no sombreamento do sistema de vedação, foi proposta, ainda, a utilização de fachada ventilada contribuindo para a diminuição da transmitância térmica (Figura 2b).

Figura 2 – Modelo de janela proposto (a) e Modelo de fachada ventilada (b)

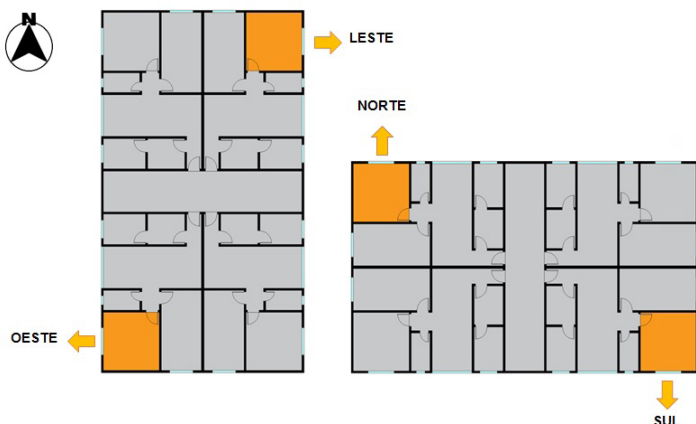


Fonte: as autoras.

A partir da caracterização dos modelos utilizados para a realização do comparativo no desempenho térmico, foi possível definir a base de dados de entrada com as informações necessárias a serem incluídas no modelo virtual. Para a realização das simulações, optou-se pela seleção de um pavimento intermediário, cujas interferências térmicas da cobertura e dos pilotis fossem minimizadas, sendo influenciado somente pelas fachadas. O compartimento selecionado para avaliação corresponde a

um dormitório, por se tratar de um ambiente de permanência prolongada, situado na extremidade do edifício, possuindo duas de suas fachadas expostas à radiação solar simultaneamente, justificando-se, assim, por representar a situação mais crítica termicamente (Figura 3).

Figura 3 – Posicionamento do ambiente simulado em relação às aberturas.



Fonte: as autoras.

Como método para avaliação do desempenho térmico da edificação, foram adotados os indicadores: Frequência de Desconforto Térmico (FDT) e Graus-horas de desconforto térmico (GhDT), considerando a ventilação natural como condicionante para a obtenção de melhores níveis de conforto no ambiente interno. Para a análise conjunta desses indicadores, utilizou-se o diagrama de fluatubilidade como determinante de zonas com diferentes níveis de desconforto, variando do temporário e leve ao frequente e intenso, visando proceder a avaliação comparativa em relação ao desconforto térmico.

Foi realizada uma simulação inicial do ambiente para o MR, contendo todas as orientações (norte, sul, leste e oeste) e estações do ano (primavera, verão, outono e inverno), para o período atual e para o período de 2080. Após a primeira análise de dados, foram

considerados apenas os piores resultados para a posterior simulação do MP. A orientação oeste para a estação do verão foi a que apresentou maiores índices de desconforto térmico, considerada como o pior caso, sendo, então, utilizada como parâmetro de comparação entre os modelos, levando em conta que, se a pior situação for atendida, as demais tendem a ser melhores.

Ao analisar o comparativo entre o MR e o MP, exposto na Tabela 1, verificou-se que o MP apontou melhorias significativas em relação ao MR, com menor flutuação, tanto para GhDT, quanto para FDT no período atual e em 2080, evidenciando que a melhor situação de desempenho térmico tende para a origem dos eixos nos gráficos.

Tabela 1 – Comparativo entre os diagramas de fluatubilidade do MR e MP para o período atual e em 2080 na cidade de Vitória.

VERÃO – OESTE			
Modelo Referência – Bloco cerâmico + janela com duas folhas de correr em alumínio e vidro		Modelo Proposto – Bloco cerâmico + fachada ventilada + janela com veneziana e peitoril ventilado	
ATUAL			
Legenda: ● Modelo Referência (MR) ▲ Modelo Proposto (MP)			

Fonte: as autoras.

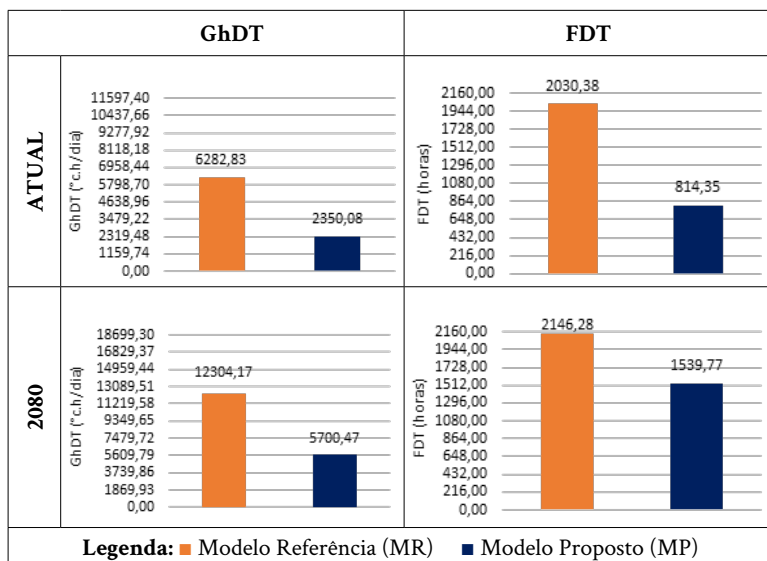
O MR para o período atual, demonstrou flutuações concentradas, em sua maioria nas zonas 2 e 4, caracterizadas por um desconforto leve e frequente e frequente e intenso, respectivamente. Observando a flutuação do MP, verificou-se uma grande redução tanto na frequência, quanto na intensidade do desconforto térmico, quando comparado ao MR, apresentando maior concentração de pontos nas zonas 1 e 2, identificando o desconforto como leve e temporário e leve e frequente.

Para o período de 2080 considerando o MR, verificou-se também altos índices de FDT e frequência de 100% de desconforto térmico na maior parte dos dias, atestado pela grande concentração de pontos na zona 4, caracterizando o desconforto térmico como frequente e intenso. Em contrapartida, o MP apresentou considerável redução para os dois índices, com dispersão de pontos presentes nas zonas 1 e 2, caracterizadas por desconforto leve e temporário e leve e frequente, se comparado ao MR. Apesar disso, foi verificado, ainda, que nenhum dia no período de 2080 apresentou condição total ou parcial de conforto térmico.

O somatório dos índices de GhDT e FDT para o MP (Tabela 2) demonstrou uma redução para ambos os índices, tanto no período atual, quanto em 2080:

- Para o período **atual**, o GhDT apresentou redução de 62,59% e o FDT de 59,89%, equivalente a 1216,03 horas em comparação ao MR;
- Para o período de **2080**, os índices de GhDT reduziram 53,67%, enquanto o FDT reduziu 28,25%, equivalente a 606,51 horas.

Tabela 2 – Comparativo do somatório de GhDT e FDT entre o MR e MP para os períodos atual e de 2080 na cidade de Vitória.



Fonte: as autoras.

A partir dos dados expostos, percebeu-se que a exposição prolongada, com a ausência de elementos sombreadores nas paredes e janelas, principalmente às orientações oeste e norte, promoveu a piora no desempenho térmico das edificações, sobretudo em situações nas quais não há sistemas de ventilação eficazes para promover o resfriamento no interior do ambiente. Nesse caso, verificou-se que o GhDT sofreu maior redução em detrimento ao FDT, e a significativa redução desses índices ocorreu devido à inserção de elementos sombreadores nas fachadas e permeáveis nas aberturas, permitindo que a ventilação, apesar de pouco intensa, fosse suficiente para dissipar o calor do ambiente interno, contribuindo para obtenção de melhorias nos índices de desconforto, evidenciados na tabela a seguir (Tabela 3).

Tabela 3 – Resumo comparativo entre o MR e MP para o período atual e de 2080 na cidade de Vitória

VERÃO - OESTE	MODELO	ATUAL		2080	
		GhDT	FDT	GhDT	FDT
	MR – Modelo Referência				
		100% (referência)	100% (referência)	100% (referência)	100% (referência)
	MP – Modelo Proposto				
		↓62,59%	↓59,89%	↓53,67%	↓28,25%

Fonte: as autoras.

Os resultados evidenciaram que a prática construtiva atual, recorrente em todo o território nacional, desprovida de quaisquer estratégias de condicionamento passivo, demonstrou propensão a um baixo desempenho térmico na operação. Além de provocar maior desconforto aos usuários, o aumento das temperaturas do ar motivou a elevação na demanda energética para resfriamento. Esse fator foi agravado ainda mais ao considerar as mudanças projetadas para o clima futuro, apresentando uma intensificação do ocorrido no período atual. As simulações destacaram que as medidas adaptativas implementadas exibiram resultados mais expressivos para a melhoria do desempenho térmico no interior da edificação. No entanto,

ressalta-se, ainda, a necessidade de mudança com relação ao modo de pensar e projetar os edifícios, pois a aplicação conjunta de medidas para adaptação em prol da eficiência energética apresenta-se com amplo potencial para a melhora dos níveis de desconforto térmico, tanto para o cenário climático atual, quanto para os futuros.

REFERÊNCIAS

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

Capítulo 6

Avaliação e percepção do usuário em relação ao conforto térmico e qualidade do ar em varandas com fechamento em vidros móveis situadas em uma região urbana industrializada⁷

Érica Coelho Pagel
Cristina Engel Alvarez
Neyval Costa Reis Jr.

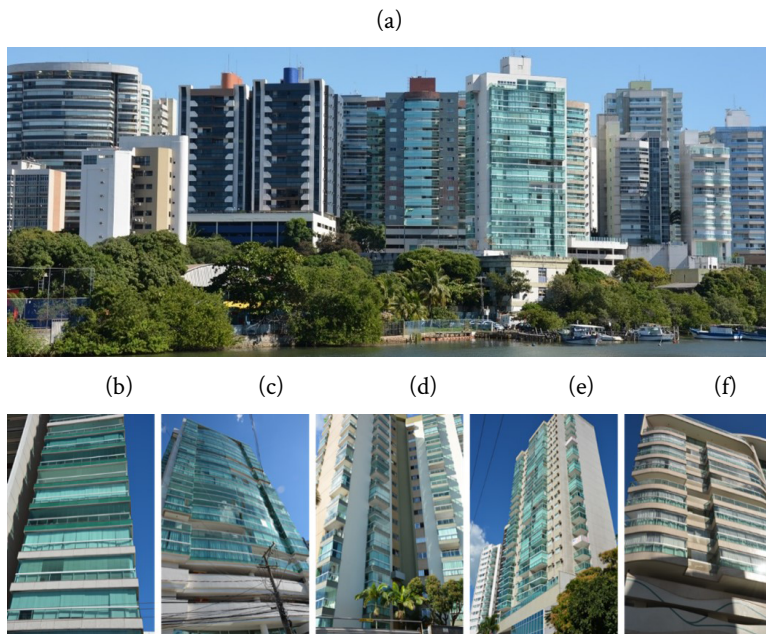
7 Link da publicação original: PAGEL, E. C.; ALVAREZ, C. E. DE; REIS JÚNIOR, N. C. Avaliação e percepção do usuário em relação ao conforto térmico e qualidade do ar em varandas com fechamento em vidros móveis situadas em uma região urbana industrializada. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 57-78, 2018 [Disponível em: https://doi.org/10.11606/gtp.v13i3.148455](https://doi.org/10.11606/gtp.v13i3.148455)

A arquitetura tropical vive um impasse diante da perturbação ocasionada pela poluição do ar nos grandes centros urbanos, oriunda principalmente do tráfego veicular, das atividades relacionadas à construção civil e indústrias. Atualmente, com o objetivo de reduzir a quantidade de material particulado dentro dos espaços internos, as estratégias passivas de conforto ambiental perdem lugar diante da prática do fechamento das aberturas do edifício. Hoje em dia, o uso de dispositivos de proteção solar nos edifícios residenciais são raros e uma prática muito comum nas últimas décadas é o fechamento com vidro das aberturas das varandas, descaracterizando um dos principais elementos arquitetônicos em climas subtropicais. A tendência de fechamento das varandas pelos próprios usuários, sobretudo nos apartamentos de orla marítima, foi verificada em outras cidades brasileiras como Recife, Brasília, Vitória e Maceió.

Os fechamentos das aberturas das varandas com vidros móveis têm dado uma nova imagem à tipologia do edifício residencial multifamiliar brasileiro, fazendo com que fachadas altamente envidraçadas tomem o lugar dos espaços de integração com a cidade proporcionado pelas varandas. Assim, uma desorganização estética da fachada também é observada em algumas situações, em consequência do livre arbítrio do fechamento ou não da varanda pelo morador, decisão muitas vezes que não faz parte do projeto original (Figura 1).

Além da descaracterização da arquitetura tropical, estudos mostram que os ambientes envidraçados possuem bom desempenho em relação ao conforto térmico apenas em edificações localizadas em regiões de altas latitudes. Além disso, as pesquisas apontam para a redução da taxa de ventilação natural e, consequentemente, uma piora na qualidade do ar interior relacionada ao fechamento do edifício. Ou seja, a prática do fechamento das aberturas da varanda com o intuito de preservar o ambiente interno pode resultar em malefícios à saúde humana, do ponto de vista da qualidade do ar.

Figura 1 – (a) Vista da baía de Vitória ao fundo o Bairro Praia do Canto.



Fonte: os autores.

Nota-se a disseminação do fechamento das aberturas da varanda com vidro, alterando a paisagem arquitetônica da cidade. Em (b), (c), (d), (e) e (f) exemplos de edifícios com varandas de diferentes dimensões e formatos com suas aberturas fechadas com vidro em diversos bairros da Grande Vitória, ES

A CIDADE DE VITÓRIA-ES

A cidade de Vitória, capital do Espírito Santo, localiza-se no sudeste da costa do Brasil, caracterizando-se por um clima tropical litorâneo com temperaturas médias entre 18°C e 26°C, sendo mais elevadas no período do verão, e umidades relativas superiores a 50%. Os ventos predominantes do município são de direção Nordeste (NE) com velocidade entre 2,1-3,6m/s, ocorrendo ainda ventos de direção S-SE e

S-SW atribuídos às frentes frias. É a quarta cidade mais populosa do Espírito Santo com 327.801 habitantes (IBGE, 2010), integrando uma área geográfica de grande urbanização denominada Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV).

Embora o código de obras municipal originalmente estabelecesse no seu Art. 140, § 4º que “as aberturas das varandas não poderão ser fechadas por esquadrias” (PMV, 1998, p. 47), no ano de 2006 foi promulgada a Lei n.º 6.801, que alterou o § 4º do artigo 140, ficando esse dispositivo com a seguinte redação:

§ 4º. Fica tolerado o fechamento das varandas desde que os materiais nela empregados garantam plena condição de iluminação, ventilação, permeabilidade ou transparência visual aos compartimentos cujos vãos elas se abrem e sejam instalados sobre o guarda-corpo ou jardineira (PMV, 2006, s/p).

Interpretando esse dispositivo legal, nota-se que o legislador, ao estabelecer o regramento de fechamento de varandas no município de Vitória, preocupou-se apenas com questões de iluminação e ventilação, restringindo-se em disciplinar ou tratar de alguma maneira as demandas que envolvem o desempenho e o conforto ambiental nas edificações. É importante ressaltar ainda que, muitas vezes — como no caso do município de Vitória —, as varandas são projetadas considerando algumas vantagens construtivas propostas pelos Planos Diretores que, de forma correta, incentivam o seu uso, mas que já são idealizadas considerando seu possível fechamento, corrompendo assim tanto o conceito original da função da varanda como seu benefício urbanístico de proporcionar maior integração entre interior e exterior.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a percepção do morador de apartamentos na cidade de Vitória-ES, com e sem fechamento em vidros móveis nas aberturas de suas varandas, em relação à qualidade do ar, uma vez que o incômodo ocasionado pela poluição aérea é uma das principais reclamações em órgãos ambientais registradas na cidade.

A PERCEPÇÃO DO USUÁRIO

Foram respondidos 92 questionários por usuários das cinco torres de um condomínio de classe média localizado no bairro Jardim Camburi, em Vitória-ES. Os resultados foram apresentados na Tabela 1 e demonstrou que a maior parte dos participantes são proprietários do imóvel (94,6%) e possuem entre 30-40 anos de idade (51,4%). A porcentagem entre homens (48,9%) e mulheres (51,1%) respondentes ficou equilibrada, destacando-se ainda que cada apartamento possui, em média, de 3 a 4 moradores. Observou-se que 94,6% dos respondentes fecharam a abertura de suas varandas com vidros móveis e que 80% dos moradores que ainda não fecharam tem intenção de fechar. A maioria dos residentes atribui a poeira (82,6%) seguido de fatores climáticos — sol, vento e chuva (69,6%) — como os principais motivos para o fechamento das varandas. Esse resultado demonstra ser o incômodo ocasionado pela poluição do ar como o principal motivo para o fechamento das aberturas de suas habitações. Dessa forma, pode-se inferir que tal fato contribuiu na alteração da tipologia construtiva das edificações multifamiliares residenciais do município, uma vez que, mesmo que não prevista no projeto original, a utilização dos vidros móveis nas varandas é um produto desejável na ocupação efetiva da unidade habitacional.

Notou-se também uma nova e preocupante tendência verificada pelo presente trabalho: a climatização artificial nesse ambiente. Quando indagados com a pergunta “Você utiliza algum recurso adicional na sua varanda para melhoria do conforto térmico?”, uma parcela significativa dos moradores (19,6%) respondeu que faz uso do ar-condicionado no local, atrás apenas da resposta de utilização de cortinas de tecido ou do tipo *blackout* (54,3%). Pode-se dizer que mesmo em um clima tropical quente e úmido, o uso de vidros no fechamento das aberturas da varanda aumenta a temperatura do ar no espaço interior, fazendo com que seus usuários recorram ao condicionamento do ar por meio de equipamento elétrico, aumentando

o consumo energético e contradizendo os preceitos de uma arquitetura mais sustentável.

Em relação à condição de abertura dos vidros móveis da varanda, à percepção do usuário acerca do conforto térmico nas estações do verão e inverno na varanda e o índice de satisfação com esse quesito, nota-se que o morador percebe a temperatura do ar como “quente” no verão, sendo verificado na maior parte dos resultados relatos de “muito quente”. A sensação de “frio” aparece apenas na estação do inverno, sendo predominante nessa a resposta de sensação “neutra”. No entanto, é curioso observar que, mesmo com o fechamento da abertura da varanda, a sensação de ventilação natural é registrada em ambas as estações. Tal fato talvez possa ser explicado em função da maior parte dos respondentes usualmente manter o fechamento dos vidros móveis na condição “meio aberto”. Isso demonstra que embora a maioria dos moradores instale os vidros móveis nas aberturas de suas varandas, provavelmente devido ao desconforto térmico, esses não são utilizados sempre fechadas. De uma forma geral, a maior parte dos usuários (73%) classifica-se como “satisfeito”, em relação ao conforto térmico da sua varanda em contrapartida a 27% que responderam que se sentem “insatisfeito”, em relação a esse quesito. Pode-se atribuir esse resultado à possibilidade de operacionalização das folhas de vedação de vidro utilizadas no fechamento, fazendo com que o próprio usuário controle a condição de abertura ou recorra a recursos adicionais para melhoria do conforto térmico.

A terceira parte dos resultados do questionário que diz respeito à percepção da qualidade do ar na região de estudo mostra que a maioria dos respondentes do condomínio avaliam a qualidade do ar no seu bairro como “péssima” ou “ruim”, bem como 92,4% dos participantes se sentem incomodados com a poluição do ar na região. Tal fato reforça o problema da cidade em relação aos níveis percebidos pela população do material particulado. Os resultados em relação à percepção da qualidade do ar na área da varanda do apartamento são levemente mais positivos, provavelmente pela barreira construída

que se torna a edificação e seus fechamentos em relação à entrada de poluentes. A maior parte dos moradores relata a qualidade do ar em sua varanda como “regular” e “ruim”, e 91,2% dos respondentes se sentem incomodados com a poluição atmosférica no ambiente.

É de suma importância relatar que 97,8% dos participantes percebem a interferência na qualidade do ar do seu apartamento com a presença da poeira e, portanto, essa é a principal causa do incômodo registrado pelos moradores. Embora a maior parte dos apartamentos possuam o fechamento das aberturas das varandas e declarem que o principal motivo dessa ação seja o incômodo ocasionado pelo pó, observa-se que tal atributo não resolve significativamente o problema da melhoria da qualidade do ar na habitação. Os resultados mostram que 52,2% dos moradores precisam fazer a limpeza do apartamento todo dia e 25% dos participantes mais de 3 vezes por semana. Esses valores reforçam a busca pela população citadina por soluções arquitetônicas mitigadoras do problema ambiental.

A pesquisa questiona a alteração na tipologia arquitetônica dos edifícios residenciais multifamiliares da cidade de Vitória-ES, em consequência da crescente preferência pela população em fechar as aberturas das varandas com vidros móveis. Embora as questões para atenuação do ruído, proteção do vento e chuva foram apontadas como motivadoras do fechamento das aberturas das varandas por uma parcela significativa dos respondentes, o principal motivo de fechamento é em função do incômodo ocasionado pela presença do material particulado nas residências. Observa-se, ainda, que os participantes da pesquisa declararam a sensação de calor no ambiente, principalmente no período do verão, o que já era esperado, uma vez que se trata de uma cidade com clima quente e úmido e a utilização de um material, como o vidro, na envoltória promove a retenção da radiação solar nos ambientes internos. Um fato adicional refere-se à declaração de alguns moradores que afirmaram ter instalado ar-condicionado na varanda em função do ganho de calor e como recurso adicional para melhoria do conforto térmico, o que se mostra preocupante do ponto

de vista da interferência dessa tendência na eficiência energética da arquitetura residencial multifamiliar.

Tabela 1 – Síntese dos resultados da aplicação dos questionários sobre a percepção do morador, com e sem fechamento em vidros móveis nas aberturas de suas varandas no Condomínio Jardins, em Jardim Camburi, em relação a qualidade do ar

Idade		Quantidade de moradores por unidade	
Menos de 30 anos	3 (3,3%)	1	1 (1,1%)
30-40 anos	47 (51,1%)	2	18 (19,6%)
40-50 anos	30 (32,6%)	3	27 (29,3%)
50-60 anos	10 (10,9%)	4	35 (38,0%)
Acima de 60 anos	2 (2,2%)	Mais de 4	11 (12,0%)
Sexo		Qual(s) foi o motivo do fechamento?	
Feminino	47 (51,1%)	Poeira	76 (82,6%)
Masculino	45 (48,9%)	Clima	64 (69,6%)
		Ruído	36 (39,1%)
Varanda possui fechamento com vidro?		Espaço	15 (16,3%)
Sim	87 (94,6%)	Outros	3 (3,3%)
Não	5 (5,4%)	Nenhum	5 (5,4%)
Tem intenção de fechá-la? (n=5)			
Não	1 (20,0%)		
Sim	4 (80,0%)		
Você utiliza algum recurso adicional na sua varanda para melhoria do conforto térmico?		Satisfação em relação ao conforto térmico da sua varanda	
Cortinas de tecido/ <i>blackout</i>	50 (54,3%)	Insatisfeito	25 (27,2%)
Ar-condicionado	18 (19,6%)	Satisfeito	67 (72,8%)
Tela solar	2 (2,2%)		
Cortina <i>rollon</i>	1 (1,1%)		
Ventilador	1 (1,1%)		
Nenhum	35 (38,0%)		
Como sente a temperatura no verão		Como percebe a ventilação natural no verão	
Levemente quente	24 (26,1%)	Sem ventilação	2 (2,2%)
Moderadamente quente	26 (28,3%)	Levemente ventilada	23 (25,0%)
Muito quente	31 (33,7%)	Ventilada	36 (39,1%)
Neutra	11 (12,0%)	Muito Ventilada	31 (33,7%)
Como sente a temperatura no inverno		Como percebe a ventilação natural no inverno	

Levemente quente	19 (20,7%)	Levemente ventilada	11 (12,0%)
Moderadamente quente	7 (7,6%)	Ventilada	41 (44,6%)
Neutra	45 (48,9%)	Muito Ventilada	40 (43,5%)
Moderadamente frio	13 (14,1%)		
Frio	8 (8,7%)		
Se sente incomodado com a poluição no seu bairro		Como você avalia a qualidade do ar no bairro em que você reside?	
Extremamente incomodado	49 (53,3%)	Boa	10 (10,9%)
Moderadamente incomodado	8 (8,7%)	Regular	21 (22,8%)
Muito incomodado	28 (30,4%)	Ruim	26 (28,3%)
Pouco incomodado	7 (7,6%)	Péssima	35 (38,0%)
Consequências da qualidade do ar qual a frequência de limpeza do apartamento para retirada de poeira?			
uma vez por semana	5 (5,4%)		
2 a 3 vezes por semana	16 (17,4%)		
mais de 3 vezes por semana	23 (25,0%)		
Todo dia	48 (52,2%)		

Fonte: os autores.

Capítulo 7

O impacto da janela no conforto térmico: edificações multifamiliares ventiladas naturalmente⁸

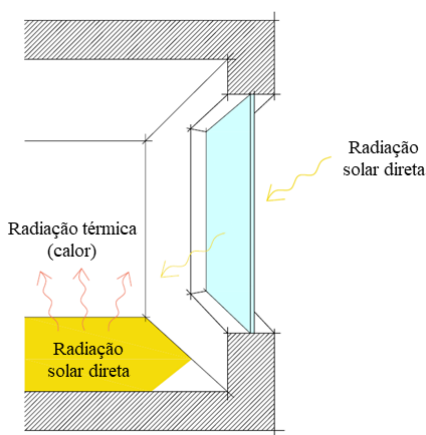
*Amabeli Dell Santo
Cristina Engel de Alvarez*

8 Link da publicação original: SANTO. Amabeli Dell. *O impacto da janela no conforto térmico: edificações multifamiliares ventiladas naturalmente*. 2014. 118f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014. Disponível em: <https://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/dissert3248957.pdf>

Quando um edifício não proporciona conforto em seu interior, os usuários tendem a tomar medidas visando sanar esse problema, como o uso de climatização artificial. Entretanto, no Brasil, o uso de aparelhos de ar-condicionado não é uma alternativa economicamente viável para a maioria da população e a ventilação natural pode ser o único método de refrigeração disponível.

A envoltória da edificação atua como mecanismo de controle das variáveis do clima e deve ser projetada de modo a proporcionar conforto no interior da edificação, minimizando os custos com energia elétrica. Entre os componentes da envoltória, as janelas merecem especial atenção devido à carga térmica recebida por elas. Os vidros das janelas funcionam, como um dos elementos de maior potencialidade de aquecimento interno para climas tropicais, devido à sua transparência à radiação solar, possibilitando facilmente o ingresso de grande parte dessa energia, que se converte em carga térmica (Figura 1).

Figura 1 – Ingresso radiação solar pela janela

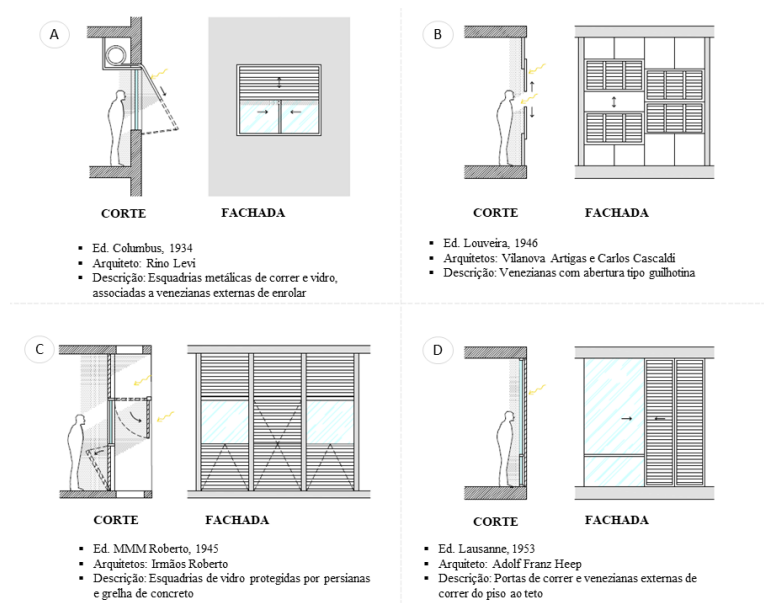


Fonte: as autoras.

Os primeiros edifícios de apartamentos surgem no Brasil na década de 1930. Desse período até aproximadamente a década de

1950, as janelas das habitações multifamiliares normalmente possuíam elementos de adaptação ao clima, como painéis em veneziana, elementos vazados e brises, como protetores solares das aberturas dos dormitórios. Como exemplo, podem ser citados os edifícios Columbus, Louveira, MMM Roberto e Lausane (Figura 2).

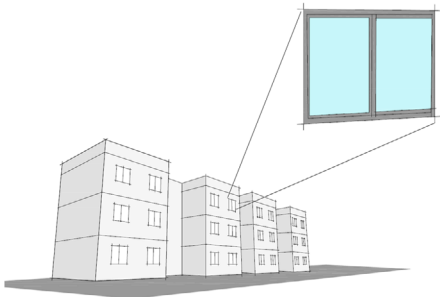
Figura 2 – Exemplos de janelas com sistemas de proteção solar



Fonte: as autoras.

Com o passar do tempo, o uso de elementos de proteção nas janelas foi se perdendo e se tornou comum o uso de janelas sem nenhum dispositivo de proteção (Figura 3), independentemente da orientação solar da fachada. Esse aspecto reflete uma tendência do mercado de produção imobiliária visando ao máximo a redução do custo dos empreendimentos, sem uma preocupação com as consequências na qualidade final da edificação, impactando, nesse caso, principalmente no desempenho térmico.

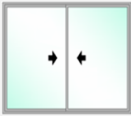
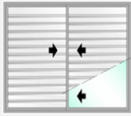
Figura 3 – Exemplo comum de utilização de janelas sem proteção solar



Fonte: as autoras.

Tomando a cidade de Vitória-ES como local de estudo e sua potencialidade para aproveitamento da ventilação natural, considerando-se ainda que as janelas são elementos de fundamental importância para a definição do desempenho térmico no interior das edificações, partiu-se da hipótese de que, em edificações multifamiliares que não receberam tratamento projetual adequado, a substituição do modelo de janela — esquadria de alumínio com folhas de vidro (Figura 4 = Modelo A) —, por um modelo com venezianas, de mesmo tamanho (Figura 4 = Modelo B), pode influenciar substancialmente no desempenho térmico dessas habitações, melhorando as condições de conforto térmico dos usuários.

Figura 4 – Modelos de janelas

Modelo A	Modelo B
	
Janela de correr com duas folhas, com esquadria em alumínio e vidro incolor.	Janela de correr com três folhas, duas folhas em veneziana, sendo uma com ventilação e outra estanque, e a terceira folha em vidro incolor.

Fonte: as autoras.

Assim, comparou-se esses dois modelos de janela, por meio do software de simulação Design Builder, observando o desempenho

térmico obtido para um dormitório, ventilado naturalmente, considerando o uso multifamiliar para a cidade de Vitória-ES.

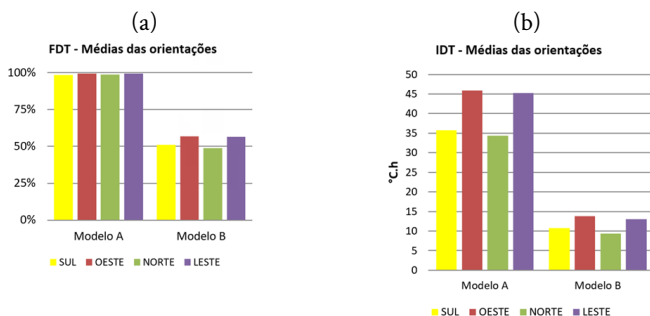
Como forma de determinar o método para análise dos dados foi feito inicialmente uma comparação entre os critérios para avaliação de desempenho térmico propostos pela ABNT NBR 15575-1(2013) e os referenciais de conforto térmico do usuário considerando-se o modelo de conforto adaptativo da ASHRAE. Os resultados dessa comparação indicaram diretrizes metodológicas inadequadas em relação aos critérios de avaliação de desempenho térmico por simulação computacional estabelecidos pela ABNT NBR 15575-1(2013) para edificações ventiladas naturalmente. Essa norma estabelece um período de simulação de apenas um dia — denominado como dia típico de projeto de verão —, correspondendo a uma situação extrema, quando combinado com o critério de análise — valores máximos de temperatura —, gerou resultados distorcidos, cuja ampliação do período de análise permitiu a identificação da inadequação do método. Outro aspecto relevante é a norma desconsiderar a ocupação do ambiente e o uso de equipamentos que produzem calor, aspectos que influenciam no conforto térmico e, conseqüentemente, no desempenho do ambiente. Assim, a desconsideração desses fatores prejudica uma análise global do desempenho, mostrando que a simplificação do processo de análise de desempenho térmico proposto pela ABNT NBR 15575-1 (2013) e a ausência de correlação dessa com referenciais de conforto térmico do usuário tornam essa metodologia vulnerável. A partir dessa análise, o critério utilizado para avaliação comparativa dos modelos de janela foi o conforto adaptativo da ASHRAE 55, combinado com a aplicação dos índices denominados Frequência de Desconforto Térmico (FDT) e Intensidade de Desconforto Térmico (IDT).

Enquanto a FDT se relaciona à percentagem de tempo durante o qual as condições de conforto não são atingidas, a IDT mensura o quanto um ambiente pode acumular calor (ou frio), fora dos limites considerados confortáveis para as pessoas, ou seja, relaciona-se a quanto a temperatura ultrapassa o valor limite de conforto. Além de considerar cada um dos índices separadamente, foi utilizado um

diagrama que relaciona os dois índices simultaneamente, a fim de possibilitar uma análise mais adequada. Para a obtenção dos resultados, os modelos foram simulados para as principais orientações (norte, sul, leste e oeste) para o período do verão (21 de dezembro a 21 de março). Os dados foram comparados com intervalo de temperatura de conforto, conforme Modelo de Conforto Adaptativo da ASHRAE 55.

A análise dos resultados constatou vários dias em que a FDT era de 100% ou de 0% para ambos os modelos, ou seja, para os dias mais quentes do verão, o desconforto térmico proporcionaria desconforto para edificações não climatizadas independentemente do modelo de janela, da mesma forma para os dias mais amenos não haveria desconforto. Considerando ainda que os valores médios são influenciados por valores extremos, as médias de FDT encontradas para os modelos seriam influenciadas. A partir dessas observações, foram eliminados os valores extremos de temperatura externa encontrados para o período, pois, nesse caso, o uso da ventilação natural não promoveria a melhoria das condições de conforto. Os resultados (Figura 5) confirmaram a hipótese e indicaram uma significativa melhoria das condições de conforto térmico no interior do cômodo analisado quando utilizado o Modelo B, para todas as orientações avaliadas, mas, principalmente, para as orientações leste e oeste devido ao sombreamento proporcionado pelas venezianas à incidência solar.

Figura 5 – Resultados obtidos de FDT e IDT para cada janela e orientação

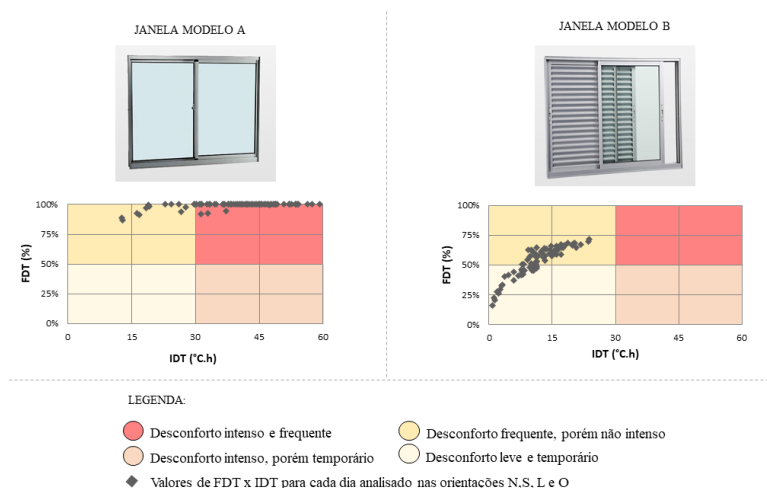


Fonte: as autoras.

Observou-se que a utilização da janela com venezianas minimizou as diferenças de Intensidade de Desconforto entre as orientações (Figura 4b). A maior diferença de IDT foi entre as orientações oeste e norte, resultando em 11,49°C.h para o modelo A de janela, e essa diferença entre as mesmas orientações foi de 4,5°C.h para o modelo B. Os diagramas FDT x IDT (Figura 6) reafirmam os resultados evidenciando que o modelo de janela utilizado com maior frequência pelo mercado (modelo A) indicam desconforto intenso e frequente, e a esquadria com proteção solar (modelo B) variou entre desconforto leve e temporário a desconforto frequente, porém não intenso.

Reitera-se que a utilização da tipologia de janelas com venezianas resulta em benefício para grande parcela da população, aplicado-se pelos incorporadores em novas construções.

Figura 6 – Diagramas de FDT e IDT para cada janela



Fonte: as autoras.

Como considerado inicialmente, as janelas das habitações multifamiliares possuíam elementos de adaptação ao clima, que foram se perdendo ao longo do tempo, devido ao surgimento de sistemas de

climatização artificial e à despreocupação com o consumo energético. A ruptura com esse referencial acarretou a perda do conceito projetual da janela. Retomar o projeto da janela, considerando as variáveis climáticas, para além das possibilidades de composição, é comprovadamente uma forma de condicionamento térmico passivo, melhorando as condições internas de conforto térmico.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. *ASHRAE 55 Handbook – Fundamentals*. Atlanta, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15575-1: Edifícios habitacionais – Parte 1: Requisitos Gerais*. Rio de Janeiro, 2013.

Capítulo 8

A importância da ventilação natural para o conforto térmico em Vitória⁹

*Fabiana Trindade da Silva
Cristina Engel de Alvarez*

9 Link da publicação original: SILVA, Fabiana Trindade. *Conforto térmico do transeunte: a porosidade urbana como condicionante da ventilação*. 2014. 121f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014. Disponível em: https://sappg.ufes.br/tese_dru-pal//tese_7659_Fabiana%20Trindade%20Silva.pdf

Em climas quente-úmido, como o caso de Vitória (Espírito Santo), a ventilação natural é um importante fator para se obter o conforto térmico, pois acelera as trocas de calor entre o homem e o meio. Esse incremento na velocidade do ar pode ser usado para compensar a sensação de calor causada pelo aumento de temperatura. O conforto térmico é fundamental para garantir o fluxo e a permanência das pessoas nos espaços públicos da cidade, como ruas e praças. Ademais, a dinâmica da cidade acontece especialmente no nível do pedestre.

Tendo em vista que a ventilação para o clima de Vitória é fundamental para a mitigação do desconforto térmico, é notório que em cada região da cidade tenham diferentes condições de ventilação. Por exemplo, áreas litorâneas são comumente bem ventiladas, enquanto áreas mais internas do bairro, por vezes, experimentam pouca ventilação. Isso indica que as configurações urbanas (as edificações e seus arranjos) impactam nas condições climáticas locais.

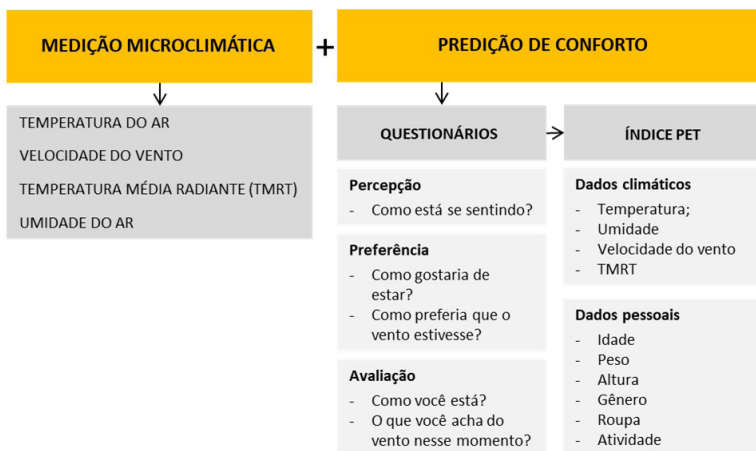
De forma a avaliar a importância do vento para o conforto térmico do pedestre, em regiões litorâneas de clima quente e úmido, foram investigadas as duas seguintes questões principais:

1. Como diferentes configurações urbanas impactam na ventilação natural;
2. Qual é a escala térmica considerada confortável e desconfortável pelos capixabas.

Para buscar respostas para essas questões, foram realizadas medições microclimáticas (temperatura, vento e umidade) junto com a avaliação de percepção e sensação térmica por meio de um índice preditivo de conforto térmico (Physiological Equivalent Temperature – PET), conforme Figura 1. O índice PET busca prever como será a sensação de conforto para o usuário de um determinado espaço baseado em questões climáticas (temperatura, ventilação e outros) e questões pessoais (como taxa metabólica).

Figura 1 – Diagrama esquemático dos procedimentos

O QUE FOI FEITO?



Fonte: as autoras.

Essas questões foram avaliadas em uma faixa territorial litorânea que abrange majoritariamente o bairro Mata da Praia e uma parcela do bairro Jardim da Penha. As medições microclimáticas e a aplicação dos questionários foram obtidas em 11 pontos indicados na Figura 2, divididos entre os Trechos A e B. De acordo com o Plano Diretor Urbano (PDU) de Vitória, a região de estudo é composta por três zonas residenciais diferentes. Cada zona tem edificações com características diferentes (Figura 3). Na ZOC3, há a predominância de edifícios de 14 pavimentos com grandes afastamentos entre eles. Na ZOR 09 e ZOC1/03, as edificações são mais baixas com pouco afastamento entre elas. Na parte da Mata da Praia, predominam as casas de até dois andares, enquanto na parte de Jardim da Penha (ZOC 1/03) predominam os edifícios de seis andares. No meio da área estão as praças, com grandes áreas verdes.

Figura 2 – Apresentação da região de estudo: localização dos pontos de medição



Fonte: as autoras.

Figura 3 – Vista aérea da área de estudo com as diferentes características das edificações



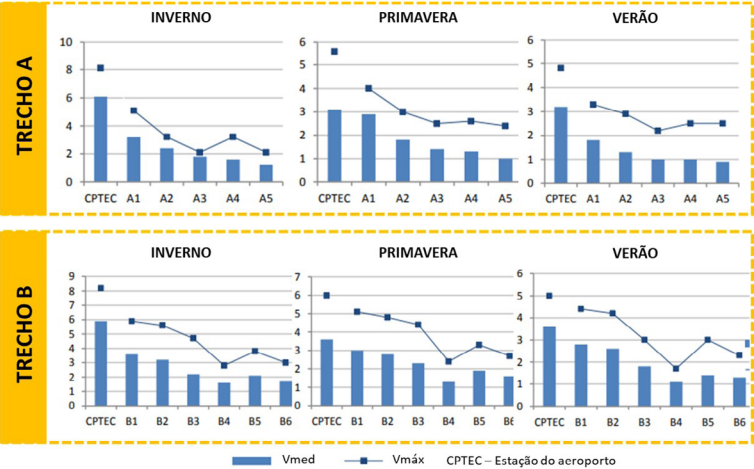
Fonte: as autoras.

As medições foram realizadas no inverno (mais fresco), verão (mais quente) e primavera (intermediária) e seus resultados estão ilustrados na Figura 4. Os ventos predominantes no município são os do quadrante nordeste. No entanto, nota-se que, em regiões litorâneas, o vento marítimo tem grande influência. Para o Trecho A, o fluxo de

vento reduz à medida que se distancia do mar. No Trecho B, as maiores velocidades de vento foram registradas no primeiro ponto (próximo ao mar) e as menores foram registradas no ponto B4. Do ponto B1 para o B2, houve a menor redução da velocidade do vento, onde, apesar de ter prédios mais altos, tem mais afastamento entre eles.

Figura 4 – Comportamento do vento nos Trechos A e B

O QUE ACONTECEU?



Fonte: as autoras.

A partir da análise dos resultados, foram identificadas as características das configurações urbanas de maior impacto no comportamento do vento (Quadro 1). O afastamento entre as edificações se mostrou de maior impacto para o nível do pedestre. Destaca-se, também, que a presença da vegetação é fundamental para o conforto térmico, especialmente para a redução de temperatura. No entanto, ressalta-se a importância da disposição e tipo de vegetação, uma vez que tanto a densidade, quanto a sua posição em relação ao vento pode causar interferências na passagem da ventilação.

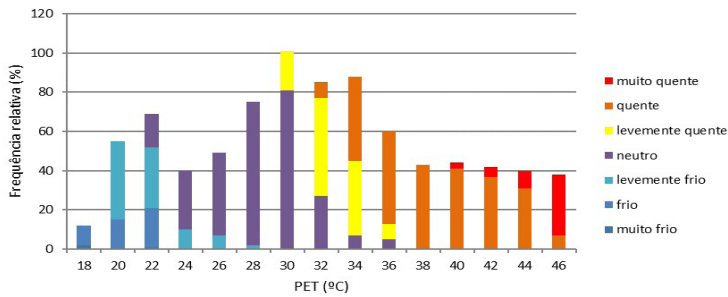
Quadro 1 – Síntese das características de influência no fluxo de vento entre os trechos

O QUE INFLUENCIA?	AFASTAMENTO	Maiores Afastamentos	Pouco afastamento
		O maior afastamento entre as edificações permite que o vento circule entre as quadras.	O pouco afastamento entre as edificações inibe a passagem do vento.
	ALTURA	Edifícios mais altos	Casas
		Apesar de edifícios mais altos (16 andares) os grandes afastamentos entre eles permitem que o vento circule entre as quadras.	As menores velocidades de vento aconteceram na parte de casas. Apesar de serem baixas (até 2 andares) o pouco afastamento entre elas inibe a circulação da ventilação.
	VEGETAÇÃO	Vegetação densa	Vegetação espaçada
		A vegetação densa no sentido do vento predominante funciona como um obstáculo, bloqueando o vento.	A vegetação espaçada em relação ao vento predominante canaliza o vento para dentro das quadras.

Fonte: as autoras.

Em relação à escala térmica adequada ao clima de Vitória, foi utilizado como base o índice PET. No entanto, esse índice foi desenvolvido para a Europa e pode não ser representativo para todos os climas. Assim, utilizando as respostas obtidas em cerca de 800 questionários associadas às medições microclimáticas (Figura 5) foi proposta uma calibração para o índice que se adeque à sensação e à percepção de conforto térmico dos capixabas. Observando a Tabela 1, pode-se perceber que, em regiões de clima quente como Vitória, a tolerância ao calor é maior do que em regiões de clima mais frio como a Europa. No entanto, há um maior número de pessoas se sentindo confortáveis no inverno, onde as temperaturas são mais amenas e a velocidade do vento é maior do que no verão (Figura 6). Além disso, a menor variação de temperatura entre as estações climáticas em Vitória leva a uma escala térmica com menos gradações de sensação térmica.

Figura 5 – Número percentual de respostas por sensação térmica do índice PET



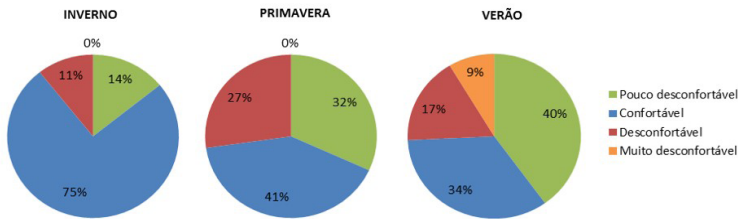
Fonte: as autoras.

Tabela 1– Escala térmica para Vitória

Sensação térmica	PET para Europa	PET para Vitória
Muito frio	$\leq 4^{\circ}\text{C}$	—
Frio	$4^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 8^{\circ}\text{C}$	$18^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 20^{\circ}\text{C}$
Frio moderado	$8^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 13^{\circ}\text{C}$	—
Levemente frio	$13^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 18^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 22^{\circ}\text{C}$
Neutro	$18^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 23^{\circ}\text{C}$	$22^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 30^{\circ}\text{C}$
Levemente quente	$23^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 29^{\circ}\text{C}$	$30^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 34^{\circ}\text{C}$
Calor moderado	$29^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 35^{\circ}\text{C}$	—
Quente	$35^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 41^{\circ}\text{C}$	$34^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 46^{\circ}\text{C}$
Muito quente	$> 41^{\circ}\text{C}$	$> 46^{\circ}\text{C}$

Fonte: as autoras.

Figura 6 – Percepção de conforto nas três estações



Fonte: as autoras.

A ventilação urbana para o conforto térmico do transeunte é de suma importância e, sendo assim, deve estar inclusa nas diretrizes básicas da legislação urbanística. No entanto, o PDU de Vitória, assim como o de vários outros lugares, trabalha com a ideia de ventilação subjetiva. Além disso, o pouco afastamento entre as edificações é previsto na legislação. No entanto, especialmente em zonas residenciais, esse afastamento é importante para que o vento circule entre as quadras e representando também melhores condições de ventilação dentro das residências.

Por fim, a escala térmica desenvolvida para Vitória pode ser utilizada como indicador de sensação térmica para avaliar espaços abertos e assim definir estratégias que busquem alcançar o conforto térmico nessas regiões. Dessa forma, é possível estimular a circulação e permanência das pessoas nos espaços públicos da cidade e consequentemente aumentar a vitalidade urbana.

Desempenho lumínico

Capítulo 9

Paisagens iluminadas – experimentação metodológica no sítio histórico de Santa Leopoldina (ES)¹⁰

*Cassio Santana Favero
Andrea Coelho Laranja*

10 Link da publicação original: *Cadernos Proarq*, [s. l.], n. 33, p. 1-221, dez. 2019. Disponível em: <https://cadernos.proarq.fau.ufrj.br/public/docs/cadernosproarq33.pdf>

A paisagem urbana noturna e a iluminação pública estão diretamente conectadas, assim como questões ligadas a preservação, proteção e intervenção do patrimônio. A ação de iluminar sítios históricos exige dos profissionais envolvidos a capacidade de compreensão dos valores contidos no local para que possam ser potencializados. A iluminação afeta diretamente a percepção de um espaço pelo usuário, assim, é possível ressignificá-lo por meio de diferentes abordagens luminotécnicas.

O emprego da iluminação integrada ao planejamento e gestão das cidades se tornou realidade a partir do pioneirismo da cidade de Lyon, na França, que, em 1989, lançou o primeiro Plano Diretor de Iluminação do mundo. Desde então, inúmeras cidades seguiram o exemplo. No Brasil, essa tendência tardou a iniciar, apenas no início dos anos 2000 começam os primeiros esforços para implantar essa nova gestão da iluminação urbana. Cidades históricas, por sua vez, em maioria de pequeno porte, acabam por não executar mudanças na iluminação urbana. Isso ocorre por diversos fatores, como falta de conhecimento sobre a área ou de recursos.

Esta pesquisa contempla o estudo da paisagem urbana noturna e o uso de ferramentas de iluminação artificial como agente de estruturação e valorização de sítios históricos e objetivou propor uma metodologia para elaboração de iluminação em áreas urbanas patrimoniais, tendo o município de Santa Leopoldina-ES, tombado na década de 1980, como objeto de experimentação, o processo dividiu-se em duas fases.

Primeiramente, analisou-se o tratamento da paisagem pelos movimentos de iluminação; os projetos internacionais e nacionais; e as áreas patrimoniais no Brasil, entendendo os principais movimentos de iluminação, como o francês *L'Urbanisme Lumière* e o americano *City Beautification*, destacando que o francês se mostra ideal para o objetivo da pesquisa, visto seu caráter integrador da iluminação pública ao planejamento urbano das cidades (Figura 1).

Figura 1 – Iluminação pública de Lyon, pioneira do L'Urbanisme Lumière.

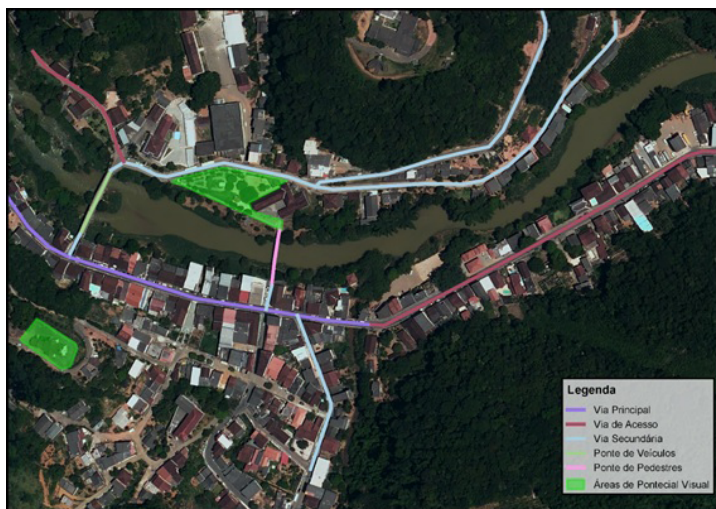


Fonte: Lyon ([www.flickr.com](https://www.flickr.com/photos/lyon/)), 2019. Acesso em: 25 set. 2020.

Prosseguindo as análises, observou-se o contexto do tema no cenário internacional, por meio dos exemplos de Lyon e Paris, na França, e Londres, na Inglaterra, compreendendo a abordagem da iluminação pública em experiências já consolidadas. Também foram analisados casos nacionais, como o de Fortaleza, pioneira no Brasil na gestão integrada da iluminação, no início dos anos 2000, e Curitiba, primeira cidade brasileira a desenvolver, de fato, um plano diretor de iluminação, chamado de Plano de Iluminação Pública (PIP). Posteriormente, analisou-se o contexto das cidades patrimoniais, objetivando sua inserção no contexto da valorização noturna, seus desafios e seus potenciais.

Finalizando, foi realizada a experimentação metodológica no Sítio Histórico de Santa Leopoldina (ES). Para essa fase, as informações coletadas na fase anterior serviram como embasamento para a experimentação a ser desenvolvida (Figura 2 a Figura 4). Foram realizados o diagnóstico da paisagem e a caracterização da paisagem. Na Figura 5, é apresentado o fluxograma da experimentação metodológica para identificação e compreensão das etapas realizadas.

Figura 2 – Mapa de hierarquia viária da área urbana de Santa Leopoldina



Fonte: os autores.

Figura 3 – Vista das edificações de Santa Leopoldina às margens do Rio Santa Maria da Vitória



Fonte: os autores.

Figura 4 – Vista do município de Santa Leopoldina



Fonte: os autores.

Figura 5 – Fluxograma da metodologia construída através da experimentação

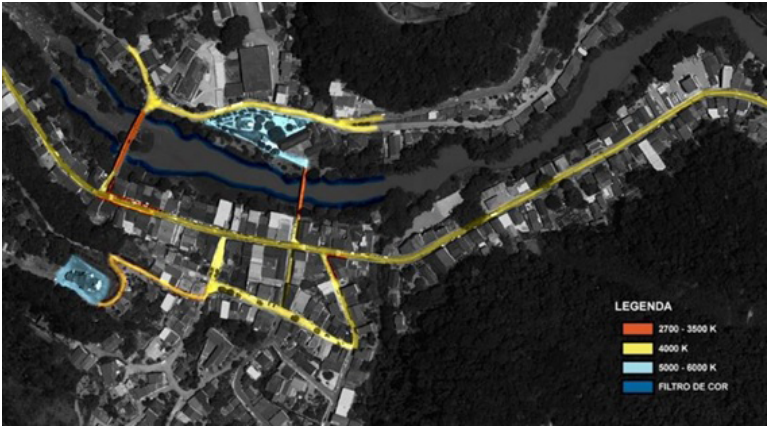


Fonte: os autores.

Durante o Diagnóstico da Paisagem, foram realizadas visita *in loco*; registro fotográfico da paisagem, que demandou a definição de uma série de aspectos, como a escala de proporção entre as edificações e as vias, a percepção entre a densidade construída e área natural, o ângulo de cruzamento entre as vias, entre outros, e que culminou na análise individual de cada ponto de registro; e, por último, a identificação da imagem comum e elementos da paisagem, que revelou os principais cenários e elementos do local e, por esse motivo, necessitam de tratamento específico de destaque e valorização pelo sistema luminotécnico proposto.

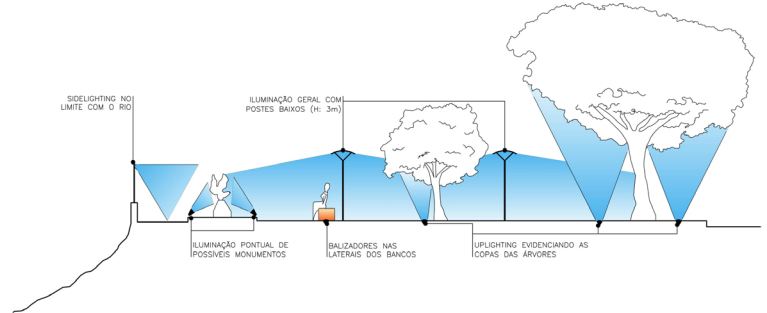
A caracterização da paisagem, hierarquização do espaço urbano, baseados em hierarquia viária, níveis de iluminância e temperatura de cor da iluminação, destacando que as temperaturas de cor mais baixas entre 2.700-3.000 K objetivam a criação de ambiências mais calmas e cenográficas, temperaturas de cor entorno de 4.000 K, por sua vez, objetivam a criação de ambiências neutras e espaços de transição harmoniosa para os pontos-chave da área de intervenção e, por último, as temperaturas de cor acima de 5.000 K com o objetivo de criar ambiências dinâmicas, ativos e de destaque; proposição de estratégias técnicas e efeitos de iluminação para o local de experimentação, globais e específicos para a imagem comum e elementos de paisagem; e a dinamização do sistema de iluminação, visando a eficácia e inteligência do sistema, propondo locais passíveis de mudanças de temperatura de cor, iluminância, automação, entre outros fatores passíveis de alteração e adaptabilidade (Figuras 6 a 8).

Figura 6 – Hierarquia de Santa Leopoldina em função da Temperatura de Cor das fontes de luz



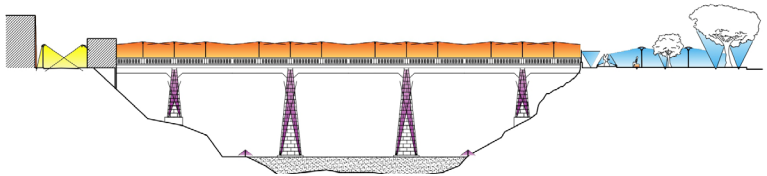
Fonte: os autores.

Figura 7 – Proposta de iluminação da Praça da Independência



Fonte: os autores.

Figura 8 – Síntese da proposta de iluminação das pontes de Santa Leopoldina



Fonte: os autores.

Com base nos resultados obtidos por esta pesquisa, observou-se que a compreensão da paisagem urbana noturna é uma tarefa complexa e que exige não somente conhecimentos técnicos do observador interessado. É preciso atentar para os efeitos cognitivos, psicológicos e estéticos proporcionados pela iluminação artificial em função das diferentes características e condicionantes do local de intervenção e sua paisagem noturna. Por outro lado, ficou evidente a possibilidade, por meio das ferramentas luminotécnicas, moldar a paisagem urbana noturna como forma de garantir a criação de efeitos cognitivos, psicológicos e estéticos desejados para o espaço

Ao final, foi possível traçar 15 diretrizes de intervenção na paisagem noturna que surgiram ao longo da execução das etapas metodológicas e estão diretamente conectadas a essas, ajudando a compreender mais do proposto. Tais diretrizes funcionam como ferramenta de auxílio ao interventor e evidenciam a importância do tratamento adequado da paisagem noturna (Figura 9).

Figura 9 – Etapas metodológicas e suas respectivas diretrizes de intervenção na paisagem noturna



Fonte: os autores.

Capítulo 10

Disponibilidade de iluminação natural em ambiente orientado para poço de iluminação¹¹

Gabriela Bolssoni

Andréa Laranja

Cristina Engel de Alvarez

11 Link da publicação original: BOLSSONI, Gabriela da Conceição; LARANJA, Andréa Coelho; ALVAREZ, Cristina Engel de. Cadernos Proarq, [s. l.], p. 101-117, 2017. Disponível em: <https://cadernos.proarq.fau.ufrj.br/public/docs/Proarq31%20ART%2005.pdf>

Inúmeras são as vantagens do aproveitamento da iluminação natural. Além dos benefícios relacionados à economia de energia elétrica, a luz natural também pode proporcionar condições adequadas para o desenvolvimento de atividades, além de gerar benefícios biológicos aos seres humanos.

Pode-se explorar a luz natural no ambiente interno por meio de diversos recursos arquitetônicos, dentre os quais destaca-se o poço de iluminação. Segundo a NBR 15215-1, poço de iluminação é um espaço luminoso interno que conduz iluminação natural para os ambientes internos das edificações. O uso desse elemento vem sendo amplamente utilizado no Brasil, por permitir que ambientes distantes do perímetro da construção tenham acesso à iluminação natural.

Neste estudo, avaliou-se o desempenho luminoso de ambiente interno com abertura orientada para área caracterizada como poço de iluminação ou de acordo com o Código de Vitória (1998) que define como “área principal”, como ilustra a Figura 1.

Figura 1 – Exemplos de janelas orientadas para áreas principais ou poços de iluminação



Fonte: as autoras.

Para a obtenção dos resultados, foram feitas simulações computacionais no software TropLux para um ambiente interno de uso prolongado (quarto). As dimensões do ambiente e da janela foram definidas, conforme as recomendações do Código de Obras de Vitória (1998), como indicado na Figura 2. A Figura 2 também apresenta a malha de pontos adotada na simulação, como recomendado NBR 15215-4.

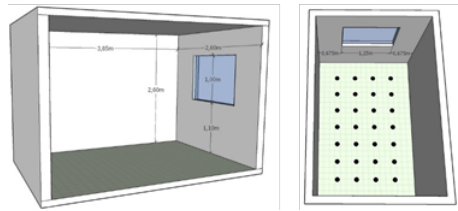
Figura 2 – Perspectiva lateral e vista de cima do ambiente adotado indicando as dimensões do ambiente e da janela e o posicionamento dos sensores de simulação

DIMENSÕES DO AMBIENTE

Área = 10m²;
Pé-direito = 2,60m;
Largura = 2,60m;
Comprimento = 3,85m

DIMENSÕES DA JANELA

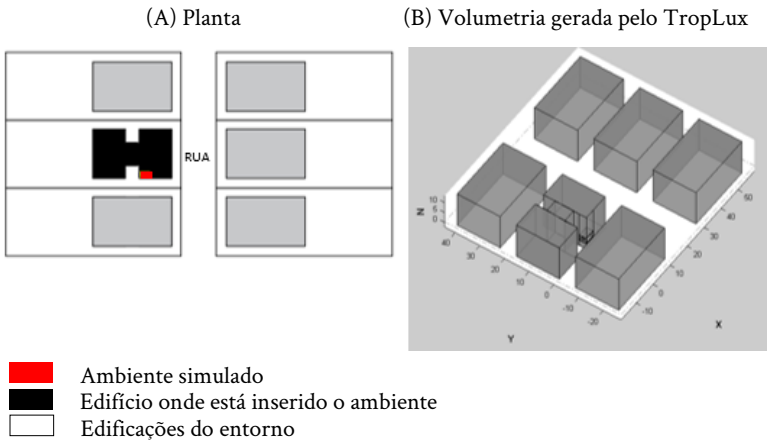
Área = 1,25m² (correspondente a uma proporção de 1/8 da área do piso do compartimento);
Largura = 1,25m;
Altura = 1,00m;
Peitoril = 1,10m.



Fonte: as autoras.

O ambiente avaliado situa-se no segundo pavimento de um edifício residencial hipotético com seis pavimentos, no bairro Jardim da Penha, Vitória-ES, conforme a Figura 2.

Figura 3 – Geometria urbana em que o ambiente está inserido

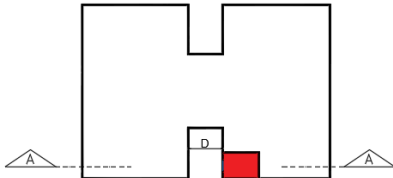


Fonte: as autoras.

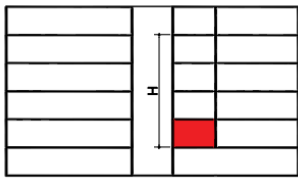
Utilizou-se para as simulações três modelos de poços de iluminação com variação do diâmetro em $\pm 50\text{cm}$. A Tabela 1 apresenta o dimensionamento do poço de iluminação indicado pelo Código de Obras de Vitória (1998), as dimensões dos poços de iluminação simulados, a planta e corte esquemáticos do poço de iluminação, destacando o ambiente adotado.

Tabela 1 – Definição dos poços simulados

Dimensionamento do poço de iluminação indicado pelo Código de Obras de Vitória (1998)			
Poço de iluminação		$D = 2 + h/6$	
Dimensões dos poços simulados			
Poços simulados	Diâmetro (D) m	Definição do diâmetro	Área (A) m²
P1 (menor dimensão)	D1 = 3,30	D1 = D2 - 0,50m	10,89
P2 – código de obras (dimensão mediana)	D2 = 3,80	D2	14,44
P3 (maior dimensão)	D3 = 4,30	D3 = D2 + 0,50m	18,89



PLANTA – ESQUEMÁTICA
SEM ESCALA



CORTE AA – ESQUEMÁTICO
SEM ESCALA

Fonte: as autoras.

As simulações foram feitas em duas etapas variando a refletância¹² das superfícies externas dos poços de iluminação. Na primeira

12 A refletância é o quociente entre o fluxo de radiação eletromagnética incidente uma superfície e o fluxo que por ela é refletido, podendo ser expressa em porcentagem ou em valor de 0 a 1. Dessa forma, quanto mais próxima a refletância da superfície estiver de 1 ou 100%, maior a capacidade de ela refletir a radiação que incide sobre ela.

etapa, foi adotada refletância de 0,5 (cor clara) e na segunda etapa refletância de 0,2 (cor escura). As avaliações foram realizadas para todos os dias do ano no recorte das 8h às 18h, para as orientações norte e sul e para o Céu 7 (parcialmente nublado), conforme o padrão da CIE (Commission Internationale de l'Éclairage).

Foram utilizados como parâmetros de avaliação os intervalos da UDI (Useful Daylight Illuminances) propostos por Nabil e Mardaljevic (2006), sendo os seguintes os intervalos considerados: $E < 100\text{lx}$ – intervalo insuficiente, $100\text{lx} \leq E < 500\text{lx}$ – suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar, $500\text{lx} \leq E < 2000\text{lx}$ – suficiente e $E \geq 2000\text{lx}$ – intervalo excessivo.

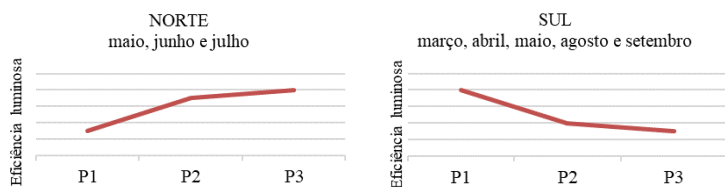
Os resultados da primeira etapa indicaram para a orientação norte, conforme demonstra a Figura 4, que o P3 (maior dimensão) foi o que apresentou resultados mais satisfatórios, como previsto, por contemplar os maiores percentuais ao longo do ano no intervalo de iluminação suficiente ($500 \leq E < 2000\text{lx}$). Além disso, verificou-se que a redução do diâmetro do poço de iluminação só interferiu na iluminância do ambiente interno nos meses de menor altura solar, ou seja, maio, junho e julho, com redução em cerca de 10% nos intervalos de iluminação suficiente ($500 \leq E < 2000\text{lx}$), aumentando nesses meses a necessidade de consumo de energia elétrica com iluminação artificial. Tal resultado pode ser atribuído, provavelmente, ao fato de que na composição da iluminância perde-se a contribuição da parcela da radiação solar direta em função da menor altura solar nesses meses do ano.

Para a orientação sul, ao contrário do que se esperava, os valores de iluminância decaíram com o aumento do poço de iluminação. Isso foi observado em cinco meses do ano, ou seja, março, abril, maio, agosto e setembro. Pode-se inferir que tal resultado se deve à maior proximidade das superfícies refletoras do P1 (menor dimensão) que contribuíram para a reflexão da luminosidade para o ambiente interno. Além disso, verificou-se que para os meses de menor altura solar (maio, junho e julho) a variação dos poços de

iluminação ocasionou mudança pouco significativa nos percentuais no intervalo suficiente ($500 \leq E < 2000$), visto que apenas no mês de maio observa-se um percentual maior nesse intervalo.

Destaca-se ainda, que para os meses em que houve variação do desempenho lumínico, esse não se deu de forma proporcional à variação do diâmetro do poço de iluminação. Para a orientação norte, houve um ganho mais significativo de iluminância, quando se aumentou de P1 para P2. No caso da orientação sul, o aumento mais expressivo da iluminância se deu ao se reduzir de P2 para P1, como indica a Figura 4.

Figura 4 – Eficiência luminosa dos poços de iluminação para as orientações norte e sul, refletância 0,5



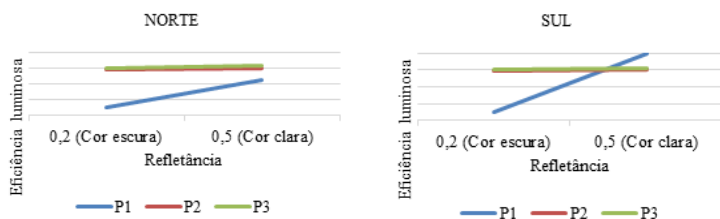
Fonte: as autoras.

Esse resultado conduziu a uma nova etapa de simulações, na qual foi verificada a influência da refletância no ganho de iluminância do ambiente interno.

Com a segunda etapa de simulação, conforme a Figura 5, foi possível verificar para as orientações norte e sul que a redução da refletância das superfícies externas para 0,2 (cor escura) afetou de forma significativa apenas o desempenho do P1 (menor dimensão). Esse modelo apresentou os maiores prejuízos na admissão da luz natural com a redução da refletância. Desse modo, foi possível constatar que foi a superfície clara na orientação sul, que contribuiu para o melhor desempenho do P1 (menor dimensão), provavelmente em função da

proximidade de suas superfícies refletoras. Ressalta-se, porém, que nos meses de menor altura solar há uma menor capacidade da refletância em aumentar a iluminância do ambiente interno, sendo, contudo, essa capacidade ampliada, na medida em que se aproxima dos meses de maior altura solar.

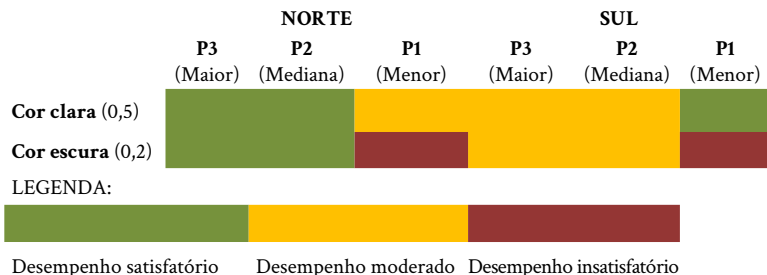
Figura 5 – Eficiência luminosa dos poços de iluminação para as orientações norte e sul, refletâncias 0,2 e 0,5



Fonte: as autoras.

Por fim, conclui-se que a variação do desempenho lumínico não se dá de forma proporcional à variação do diâmetro do poço de iluminação, sendo essa variação mais expressiva, quando se altera o diâmetro de P1 (menor dimensão) para P2 (dimensão mediana). Além disso, os poços de iluminação apresentaram desempenhos diferentes para as orientações avaliadas. Para a orientação norte, o melhor desempenho se deu com o P3 (maior dimensão), enquanto para a orientação sul, a melhor performance foi verificada com a P1 (menor dimensão). Tal resultado foi atribuído à proximidade das superfícies refletoras do P1 (menor dimensão) que contribuíram para a reflexão da luminosidade para o ambiente interno, quando com as superfícies claras. O Quadro 1 apresenta a síntese dos resultados encontrados relativos ao desempenho lumínico, no que se refere à dimensão do poço de iluminação (P1, P2 e P3), a orientação (norte e sul) e a refletância das superfícies externas do poço (0,5 e 0,2).

Quadro 1 – Síntese dos resultados



Fonte: as autoras.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 15215-1: Parte 1 – conceitos básicos e definições*. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 15215-4: iluminação natural: verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações: método de medição*. Rio de Janeiro, 2005.

NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. *Energy and Buildings*, London: Elsevier, v. 38, p. 905-913, 2006.

VITÓRIA. *Lei nº. 4821, de 30 de dezembro de 1998*. Código de Edificações do Município de Vitória. Vitória, 1998. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/codigo-de--obras-vitoria-es>. Acesso em: 17 maio 2017.

Capítulo 11

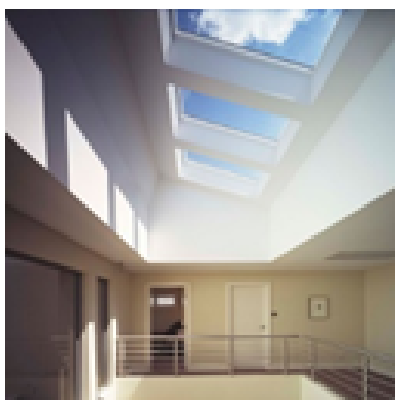
*Comparação entre aberturas zenitais e laterais no quesito iluminação natural*¹³

*Yulli Mapelli Basilio
Andréa Coelho Laranja
Cristina Engel de Alvarez*

13 Link da publicação original: MAPELLI, Yulli Ribeiro; LARANJA, Andréa Coelho; ALVAREZ; Cristina Engel de. Avaliação de desempenho entre as tipologias de aberturas zenital e lateral no quesito iluminação natural de ambientes internos. *Cadernos Proarq*, [s. l.], p. 84-99, 2018. Disponível em: <http://cader-nos.proarq.fau.ufrj.br/public/docs/Proarq31%20ART%2004.pdf>.

O uso de aberturas nas edificações proporciona ao ambiente interno interação com o meio externo, além de permitir que a iluminação natural contribua na redução do consumo energético com iluminação artificial. Analisou-se a disponibilidade de iluminação natural em ambiente de uso comercial, variando-se os modelos de aberturas zenitais comparadas com a abertura lateral do tipo janela. As aberturas zenitais são aberturas implantadas no teto do ambiente interno, conforme ilustra a Figura 1.

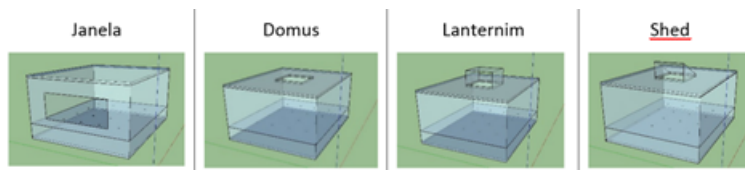
Figura 1 – Representação de iluminação natural proveniente do teto do ambiente, abertura zenital



Fonte: as autoras.

Realizou-se simulações computacionais em ambiente interno comercial envolvendo três tipologias de aberturas zenitais — lanternim, dômus e shed —, bem como a análise da iluminação proveniente de abertura lateral convencional do tipo janela (Figura 2). Foram utilizados os céus padrões da CIE (International Commission on Illumination), adotando para essa análise o céu encoberto, céu parcialmente nublado e o céu claro. As refletâncias internas adotadas foram: piso = 0,5, parede = 0,8, teto = 0,9; e as externas foram piso = 0,2 e edificações obstruidoras = 0,5. As simulações foram realizadas para a orientação norte, sul, leste e oeste.

Figura 2 – Tipologias de aberturas analisadas em relação ao ambiente interno.



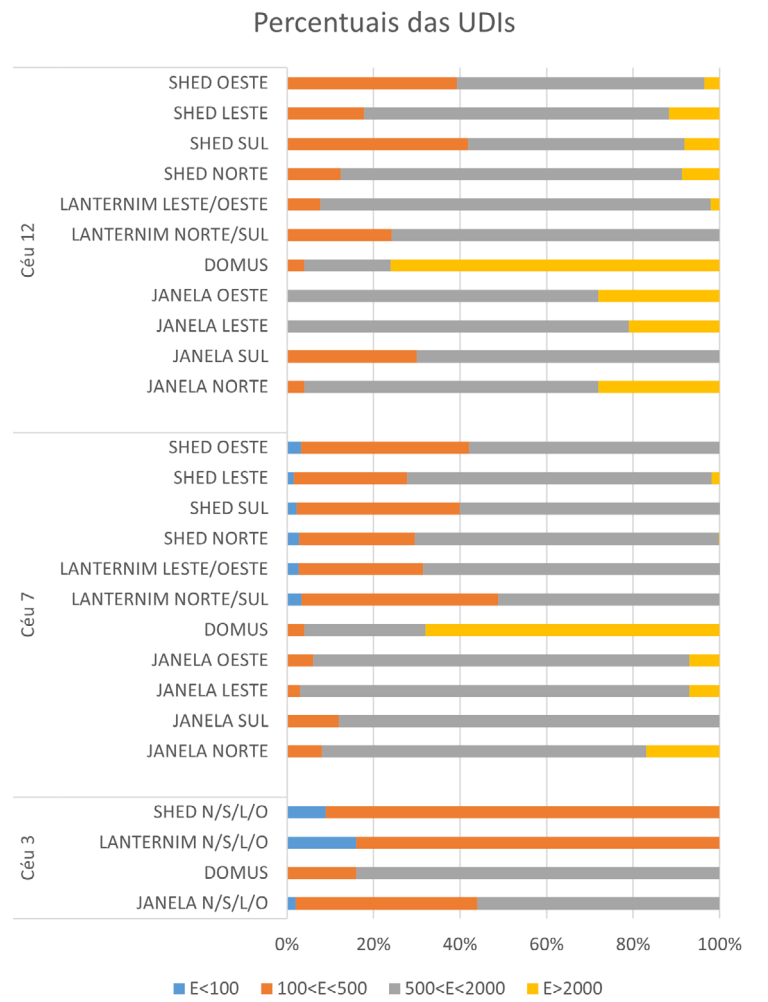
Fonte: as autoras.

Conforme previsto, as aberturas zenitais se mostraram mais eficientes ao proporcionar níveis mais adequados de iluminância e maior uniformidade ao ambiente interno. Como principais conclusões, destaca-se a maior capacidade do lanternim em manter a uniformidade, de acordo com o preconizado na norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013. No que se refere às análises dos percentuais das UDIs (Useful Daylight Illuminances) — vide Gráfico 1 —, que é uma análise da quantidade de luz útil do dia, as melhores performances se deram para as janelas, lanternim e shed. Vale ressaltar que a janela orientada para norte, leste e oeste, nos céus parcialmente encoberto e claro, apresentaram iluminâncias excessivas (acima de 2.000lx). Em caso de substituição das janelas por aberturas zenitais em locais com características de Céu encoberto, essa deve ser do tipo dômus; já para locais com características de Céu parcialmente nublado e claro, essas devem ser lanternim ou shed.

No quesito uniformidade (Gráficos 2, 3 e 4), edificações em cidades com característica predominante de Céu encoberto, a adoção de aberturas como lanternim e shed contribui para ambientes internos com menor variação de iluminância ao longo dos meses do ano, em relação às demais tipologias de aberturas consideradas nesta pesquisa. Para os céus parcialmente encoberto e claro, será somente com o lanternim que se obtém os melhores resultados de uniformidade, acima do mínimo estabelecido pela norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013 (0,5). As outras tipologias de aberturas — janela, dômus e shed — apresentaram reduzidos valores de uniformidade, abaixo do estabelecido pela norma. Vale observar que no caso dos dômus e janelas, onde a uniformidade

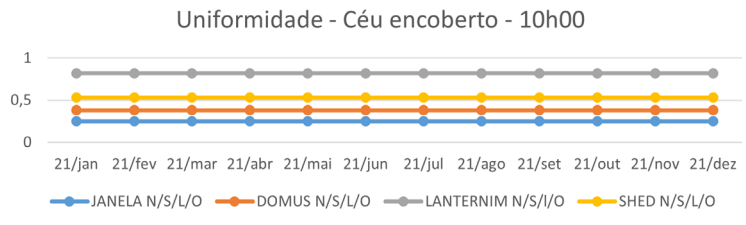
resultante foi baixa, inferior a 0,5, o uso de dispositivos sombreadores podem reduzir a incidência solar direta e contribuir para o aumento da uniformidade no ambiente interno (Gráfico 2, 3 e 4).

Gráfico 1 – Percentuais das UDIs no ambiente interno, para o Céu 3, 7 e 12, em função da variação das tipologias de aberturas



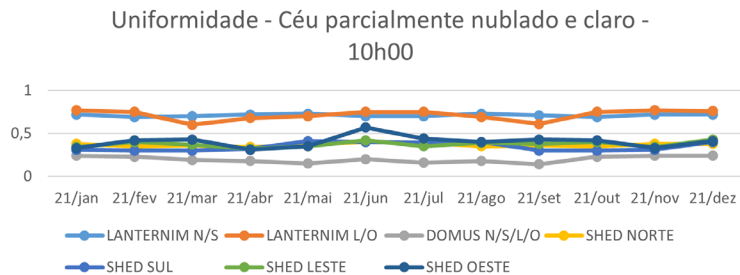
Fonte: as autoras.

Gráfico 2 – Céu encoberto no horário de 10h00.



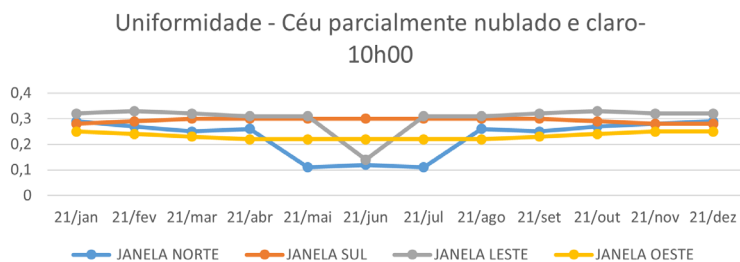
Fonte: as autoras.

Gráfico 3 – Céu parcialmente nublado e Céu claro às 10h00 – Aberturas Zenitais



Fonte: as autoras.

Gráfico 4 – Céu parcialmente nublado e Céu claro às 10h00 – Abertura Lateral

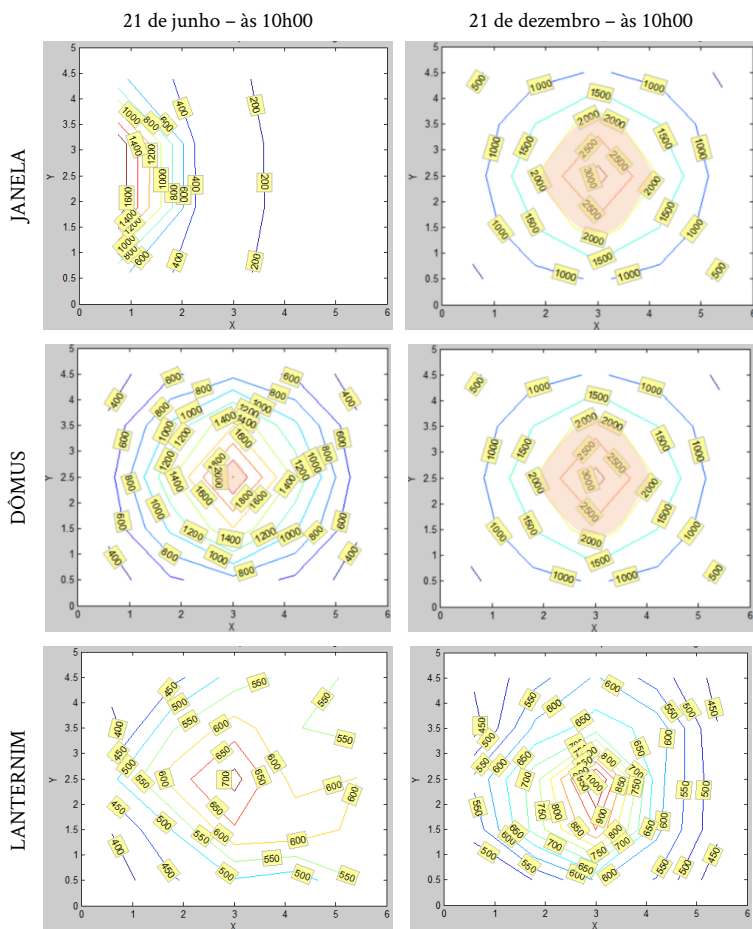


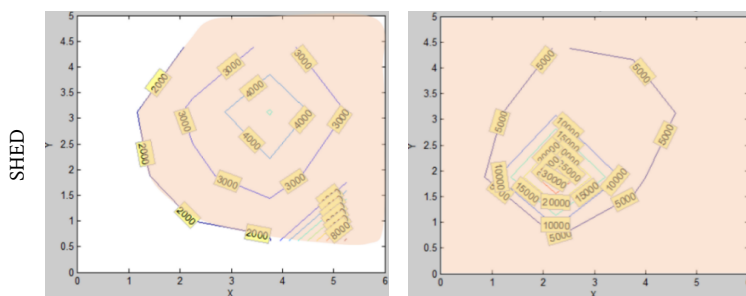
Fonte: as autoras.

No que se refere às curvas de iluminação (curvas isolux), para o Céu parcialmente nublado, orientação norte, destaca-se a ocorrência

de iluminação excessiva (acima de 2.000lx), representada pela mancha laranja nos gráficos destacados na Quadro 2, para todas as tipologias de aberturas, exceto lanternim, em algum período do ano. Os resultados da simulação confirmam a eficiência do lanternim quando apresentam valores desejados de iluminância durante o ano e boa distribuição de luz no compartimento.

Quadro 2 – Gráficos de uniformidade no ambiente interno

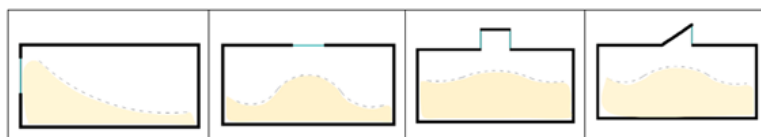




Fonte: as autoras.

Para tanto, conforme esperado, conclui-se que a janela não é tão vantajosa, quando se necessita de maior uniformidade de iluminação no ambiente interno. Será com as aberturas zenitais que o ambiente interno apresentará os melhores resultados no quesito uniformidade, garantindo menores contrastes de iluminação. Na Figura3, exemplifica de forma esquemática, o comportamento da iluminação natural no compartimento interno influenciada pela variação das tipologias de aberturas.

Figura 3 – Corte esquemático apresentando o comportamento da luz no ambiente interno influenciada pela variação da tipologia de abertura



Fonte: as autoras.

Cabe ressaltar, ainda, que esta pesquisa é exploratória e válida para o ambiente específico aqui estudado. Não foram considerados nesta pesquisa diferentes configurações urbanas, bem como variações das características internas do ambiente como as refletâncias das superfícies internas, proporções do ambiente e tipos variados de vidro. No entanto, os resultados demonstram que as aberturas zenitais são pouco exploradas na arquitetura, embora nas configurações urbanas atuais

a abertura lateral nem sempre seja possível ou desejável. Ressalta-se, ainda, que os resultados obtidos são um incentivo para a continuidade dos estudos em soluções mais complexas, por exemplo, os dutos solares.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).
NBR ISO 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.

Capítulo 12

*Balcões refletores e a disponibilidade da iluminação natural em salas de aula: o caso do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Colatina*¹⁴

Sirana Palassi Fassina

Andréa Coelho Laranja

14 Link da publicação original: FASSINA, Sirana Palassi; LARANJA, Andréa Coelho. Balcões refletores e a disponibilidade da iluminação natural em salas de aula: o caso do Instituto Federal do Espírito Santo, campus Colatina. *SBE Series*, [s. l.], v. 1, p. 79-88, 2016. Disponível em: https://sbe16.civil.uminho.pt/app/wp-content/uploads/2016/09/SBE16-Brazil-Portugal-Vol_1-Pag_79.pdf.

A luz natural traz inúmeros benefícios aos usuários e influencia diretamente no comportamento humano e nas sensações de conforto e utilização de um espaço edificado. Ao abordar ambientes escolares, essas características tornam-se ainda mais importantes, pois a presença de luz natural no espaço afeta a legibilidade da aprendizagem, tendo relação direta com a assimilação do conteúdo.

Contudo, seu uso requer alguns cuidados para que a utilização não ocorra de maneira incômoda para os usuários, visto que efeitos como ofuscamento, radiação solar direta nas superfícies ou baixa uniformidade da luz natural nas salas de aula podem prejudicar o desenvolvimento e produtividade dos alunos. Nesse aspecto, a implementação de dispositivos como aberturas laterais, brises, prateleiras de luz e superfícies refletoras são algumas soluções a serem adotadas nas edificações e que permitem um uso amplo e equilibrado da luz natural e sua disponibilidade nos espaços internos.

Assim, este artigo demonstrou a influência de balcões refletores, associados aos elementos bloqueadores solar da luz direta, na disponibilidade de iluminação natural de ambientes escolares. Os balcões refletores aqui estudados localizam-se externamente na fachada de salas de aula padrão do Instituto Federal do Espírito Santos (Ifes), campus Colatina.

Por se tratar de um elemento existente na edificação (Figura 1) os sombreadores, optou-se por associá-lo às prateleiras de luz e brises horizontais, visto que estudo prévios indicaram valores excessivos de iluminação natural no ambiente interno, o qual somente com esses dispositivos sombreadores seria possível fazer o controle dessa iluminação excessiva.

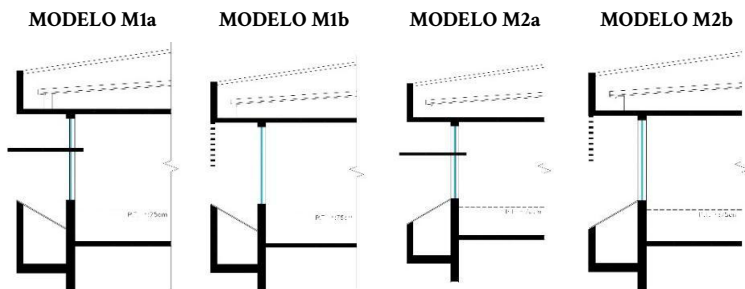
Figura 1 – Elementos existentes na fachada da edificação



Fonte: as autoras.

As dimensões desse elemento foram reformuladas e moduladas na sua geometria e refletância para se tornarem balcões refletoras (Quadro 1), de modo a verificar a influência desses na disponibilidade de iluminação natural do ambiente interno.

Quadro 1 – Corte dos modelos simulados associando o balcão refletor com diferentes inclinações em sua superfície superior, a prateleiras de luz ou a brises horizontais

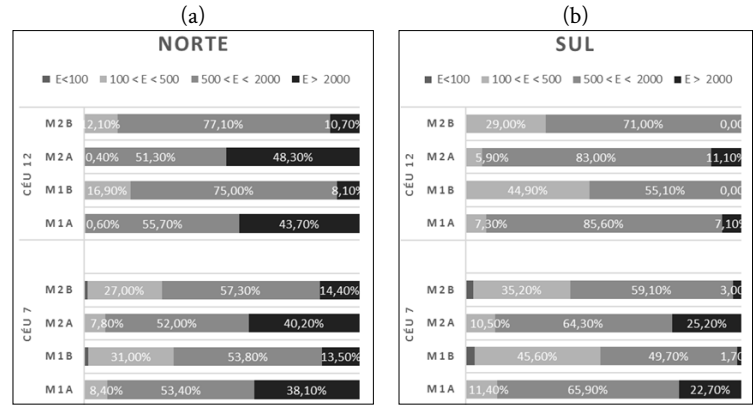


Fonte: as autoras.

Após análise dos resultados, foi possível verificar que os modelos apresentaram melhor desempenho quando voltados para a orientação

sul, permitindo que a maior parte das iluminâncias permanecesse dentro da faixa alvo, ou seja, entre 500 e 2000 lx (Gráfico 1). O modelo que apresentou melhor desempenho foi o M2b, que possui balcão refletor inclinado 30° para a área externa e é associado aos brises, tanto para o Céu 7 (parcialmente encoberto), quanto para o Céu 12 (claro). Considerando os parâmetros de avaliação de disponibilidade de luz natural no ambiente interno, aqui utilizadas as *Useful Daylight Illuminance*¹⁵ (UDI), foi possível verificar que o modelo também apresentou baixos percentuais de horas no intervalo considerado “excessivo” (acima de 2000 lx). Esse fato contribuiria tanto para a redução do uso da iluminação artificial, quanto para a redução do contraste da iluminância no ambiente interno.

Gráfico 1 – Percentual de horas do dia (UDI) de fevereiro e novembro, para Céu 7 e 12, onde: (a) gráfico da orientação Norte e (b) gráfico da orientação sul

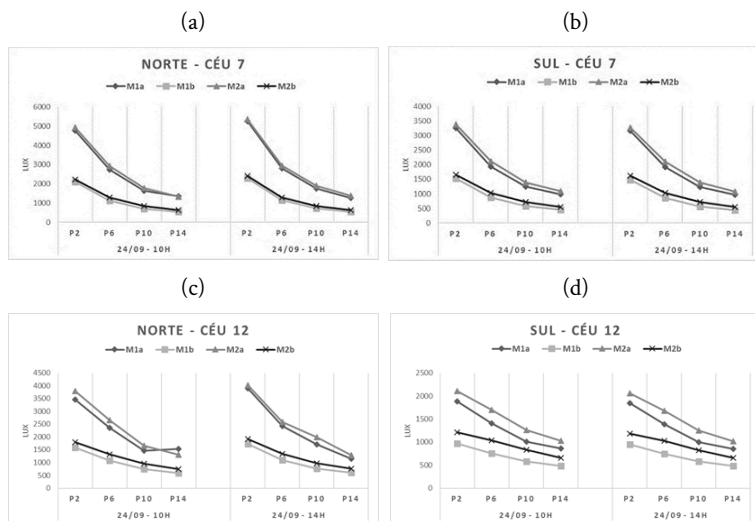


Fonte: as autoras.

15 Parâmetro de avaliação da disponibilidade de luz natural no ambiente interno onde, valores abaixo de 100 lux caracterizam-se como insuficientes, valores entre 100 e 500 lux caracterizam-se com suficientes, mas com necessidade de iluminação complementar, valores entre 500 e 2000 lux caracterizam-se como suficientes e valores acima dos 2000 lux são caracterizados como excessivos.

Com relação ao decaimento da luz natural no ambiente interno, o Gráfico 2 apresenta os dados obtidos nas simulações para o dia 24/09 (Equinócio de Primavera), no horário das 10h e 14h, para os Céus 7 e 12, verificando que ambos os modelos apresentaram comportamentos semelhantes de redução da luz até a região mais distante das aberturas, contudo os modelos com balcão inclinado para a área interna (modelos M1) apresentaram valores bem abaixo dos modelos M2.

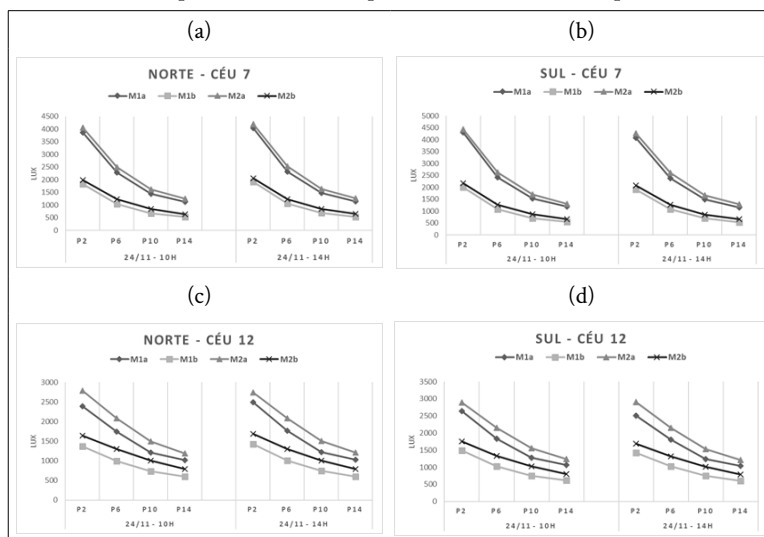
Gráfico 2 – Decaimento da luz natural para o dia 24/09, às 10h e 14h, onde (a) para norte, Céu 7, (b) para sul, Céu 7, (c) para norte, Céu 12, e (d) para sul, Céu 12



Fonte: as autoras.

Quando analisado o dia 24/11, sob os mesmos parâmetros, os modelos que apresentaram melhor comportamento foram os modelos com brise, independentemente do tipo de balcão, com redução no decaimento da luz natural na profundidade do ambiente (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Decaimento da luz natural para o dia 24/11, às 10h e 14h, onde (a) para Norte, Céu 7, (b) para Sul, Céu 7, (c) para Norte, Céu 12, e (d) para Sul, Céu 12



Fonte: as autoras.

Os resultados obtidos neste trabalho reforçaram a importância do uso adequado de elementos externos à fachada para disponibilidade da luz natural no ambiente interno. Dentre os modelos simulados, o M2b (balcão refletor inclinado para a área externa e brise) permitiu maior uniformidade e melhor distribuição da luz natural nas salas de aulas, aspectos esses que, para ambientes educacionais, são considerados relevantes.

Os balcões associados a prateleiras de luz apresentaram índices mais elevados, possivelmente em função de maior penetração da luz no ambiente interno, o que reforça a importância do cuidado e de se realizar estudos mais aprofundados, quando da inserção desse elemento nas fachadas dos edifícios, bem como de acordo com a orientação da abertura.

Portanto, foi possível concluir que a correta combinação dos elementos externos às edificações pode influenciar na qualidade do ambiente interno, contribuindo para um maior aproveitamento da luz natural, e que o aproveitamento da luz externa, com o uso de uma superfície refletora nas fachadas, também pode ser ampliado.

Capítulo 13

Conforto visual em edificação comercial com o uso de prateleiras de luz¹⁶

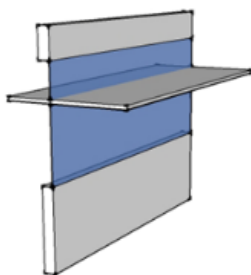
Ricardo Nacari Maioli

16 Link da publicação original: MAIOLI, Ricardo Nacari. Influência das prateleiras de luz no aproveitamento da luz natural sob obstrução externa. *Revista de Arquitectura*, Bogotá, Colombia, v. 16, p. 105-113, 2014. Disponível em: <https://revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/article/view/63/141>; MAIOLI, Ricardo Nacari. *Avaliação da influência do dispositivo prateleira de luz no conforto visual em edificação comercial com entorno obstruído*. 2014. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014. Disponível em: <https://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/dissert8972439.pdf>.

A luz natural é essencial à vida humana e seu aproveitamento torna-se fundamental no ambiente de trabalho, visto que seu horário de funcionamento normalmente condiz com o período do dia em que há disponibilidade de luz na abóbada celeste. Nesses espaços, as pessoas preferem a iluminação natural em comparação com a artificial, sendo que o contato visual com o ambiente exterior e a exposição à luz natural são benéficos à saúde. Dessa forma, a luz natural é necessária para se alcançar maior conforto visual do usuário e eficiência energética do edifício. Contudo, é preciso tomar certos cuidados com a introdução da luz natural em edifícios de escritórios localizados no Brasil, visto que o céu tropical possui alta luminosidade. No ambiente de trabalho, o desafio é aproveitar essa luz sem provocar no usuário desconforto visual, térmico ou ambos, provocados pelo brilho intenso proveniente das aberturas, das superfícies internas e pela carga de calor excessivo. A iluminação natural nessas edificações geralmente é feita através de janelas localizadas nas fachadas da edificação, que proporcionam uma iluminação interior desuniforme, com muita luz próxima à janela e pouca luz em profundidade no ambiente.

Uma boa opção para o projeto de edifícios localizados em climas quentes e com céu muito luminoso é a utilização de elementos de proteção solar externo nas janelas para reduzir a incidência da radiação solar direta nas aberturas. Essa solução pode ser combinada com dispositivos redirecionadores de luz que auxiliam em uma distribuição mais uniforme dos níveis de iluminação no ambiente. Um elemento arquitetônico que cumpre as duas funções é a prateleira de luz, que é um dispositivo plano horizontal ou inclinado, posicionado em uma abertura vertical, que a divide em uma parte superior e outra inferior (Figura 1).

Figura 1 – Prateleira de luz plana inserida em uma janela, dividindo a abertura em duas partes



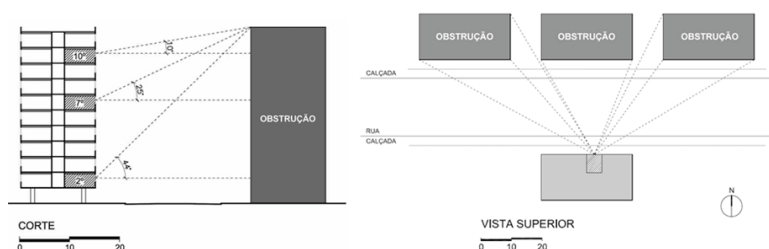
Fonte: o autor.

Esse elemento pode ser externo, interno ou ambos, possui índice de reflexão considerável em sua superfície superior, redirecionando a luz para o teto e fundos do ambiente, diminuindo a entrada de luz natural direta e, conseqüentemente, reduzindo ganhos de calor. Essa característica do dispositivo influencia na distribuição da luz no ambiente, que pode ser medida pelos níveis de iluminância, cuja unidade é o lux (lx), referente à quantidade de luz incidente em uma superfície.

Para fins de cálculo de quantidade de luz que alcança o interior de um ambiente, ainda deve-se considerar a presença de obstruções externas que afetam o desempenho lumínico e energético. A quantidade de céu obstruído apresenta efeitos de sombreamento provocado por prédios vizinhos, que influenciam na iluminância medida no ambiente interno. Quando os edifícios são locados muito próximos uns aos outros, o bloqueio da passagem de luz pode ser severo, principalmente nos pavimentos mais baixos. Os centros urbanos estão passando por um processo de verticalização cada vez maior e o acesso à luz natural, principalmente nos pavimentos inferiores das edificações, vem se tornando mais difícil, por isso, investigou-se justamente a influência das prateleiras de luz no aproveitamento de luz natural sob condições de obstrução do entorno.

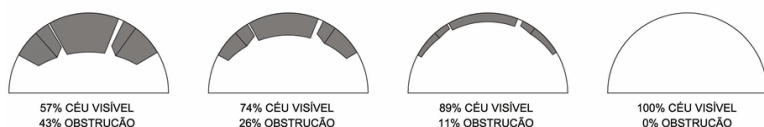
Quando considerado o entorno construído com grandes edifícios na vizinhança, quanto mais próximo ao solo o pavimento, menor o percentual visível de céu da abóboda celeste. Entretanto, quando este não é considerado, é possível visualizar todo o céu sem obstrução, o que interfere significativamente nas características da luz admitida nas salas (Figuras 2 e 3).

Figura 2 – Representação esquemática das obstruções externas



Fonte: o autor.

Figura 3 – Da esquerda para a direita, máscaras de obstrução referentes aos pavimentos 2º, 7º, 10º e modelo sem obstruções, com áreas obstruídas pelo entorno demarcadas em cinza e em branco a abóboda celeste



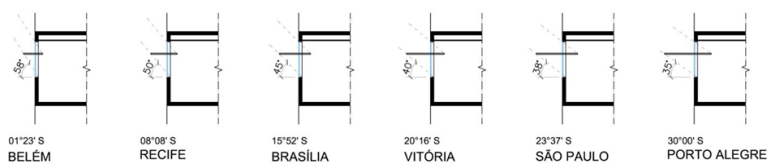
Fonte: o autor.

Devido à grande extensão do território brasileiro, o aproveitamento da iluminação em salas com as prateleiras de luz pode ser muito influenciado pela latitude do país e pelas características locais quanto às condições de nebulosidade do céu. Uma forma de se analisar tais dados é por meio de simulações computacionais com auxílio de software, avaliando a uniformidade e os níveis de iluminância no interior dos modelos, provenientes da iluminação natural, por meio de um arquivo climático da região analisada. Os dados de saída

das simulações dinâmicas fornecem valores anuais de iluminância por ponto de medição ou já classificados por determinadas métricas de avaliação de iluminação pré-definidas. Dentre elas, é possível citar, por exemplo, a Iluminância Útil de Iluminação Natural (Useful Daylight Illuminances – UDI) e a Autonomia de Iluminação Natural (Daylight Autonomy – DA), nas quais são apresentados os percentuais de horas em que a iluminância de determinado ponto é enquadrado em um intervalo de valores definido pela métrica analisada.

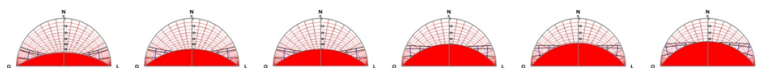
Foi avaliado o desempenho da prateleira de luz em um mesmo modelo de edifício de escritórios verticalizado, constituído de 11 pavimentos. As prateleiras de luz foram dimensionadas de acordo com a latitude, considerando que esse fator influencia no ângulo da trajetória solar durante os dias do ano. Seguindo esse conceito, para as maiores latitudes foram dimensionadas prateleiras mais largas, a fim de obstruir grande parte da insolação durante todo o ano. Em um primeiro momento, a orientação proposta para as edificações foi configurada com as aberturas voltadas apenas para o norte, visto que para o hemisfério sul essa parece ser a melhor orientação de fachada para o uso das prateleiras de luz (Figura 4).

Figura 4 – Cortes com ângulo de proteção nas diferentes localidades



Fonte: o autor.

Figura 5 – Máscaras de obstrução produzidas pelas prateleiras de luz nas diferentes localidades



Fonte: o autor.

Nas simulações analisadas nessa orientação, o modelo simulado em Belém é o que obteve o maior percentual de horas com iluminância excessiva, ou seja, acima de 2000 lx e Porto Alegre, o menor percentual de horas nesse mesmo intervalo. Essa queda nos níveis foi gradual, da cidade mais próxima à latitude 0° à mais afastada, quando comparadas as médias de todos os modelos simulados, com e sem obstrução externa.

Com exceção dos modelos simulados na cidade de Belém, que apresenta com frequência céu nublado e parcialmente nublado justamente nos horários em que a prateleira de luz poderia ser mais efetiva, a situação contrária também é observada. Quanto mais afastado da Linha do Equador, menor os níveis gerais de luminosidade e, conseqüentemente, maior o número de horas dentro da faixa de iluminância abaixo de 100 lux.

Nesse caso, a cidade de Porto Alegre apresentou o maior percentual. Constata-se, então, que o aproveitamento da iluminação natural por meio das prateleiras de luz sofre influência das condições de nebulosidade do céu de cada região, por isso, esse fato deve ser considerado ao se projetar o dispositivo. Os modelos de edifício simulados com prateleira de luz obtiveram excelente desempenho na cidade de Vitória, apesar de serem observadas poucas edificações com esse dispositivo na região. Esse elemento arquitetônico contribuiu para um aproveitamento da iluminação natural em 91,4% das horas analisadas na orientação norte (Tabela 1).

Tabela 1– Percentual de horas em intervalos das iluminâncias úteis referentes a todos os modelos simulados

Cidade	UDI (%)		
	<100 lx	100-2000 lx	>2000lx
Belém	4,4	82,0	13,6
Recife	1,2	87,5	11,3
Brasília	2,3	87,8	9,9
Vitória	3,6	91,4	5,0
São Paulo	9,2	87,7	3,1
Porto Alegre	14,6	83,8	1,6

Fonte: o autor.

Em todas as cidades simuladas, a prateleira de luz auxiliou na redução da quantidade de luz excessiva e a obter valores mais expressivos no intervalo considerado útil para aproveitamento da luz natural, ou seja, entre 100 e 2000 lux. Mesmo contribuindo um aumento percentual de iluminâncias abaixo de 100 lux, o dispositivo se mostrou eficiente. Ao se comparar os percentuais de obstrução da abóbada, constatou-se, como esperado, que quanto mais obstáculos na parcela visível do céu através das aberturas simuladas, menores são os níveis de iluminâncias obtidos no interior da edificação.

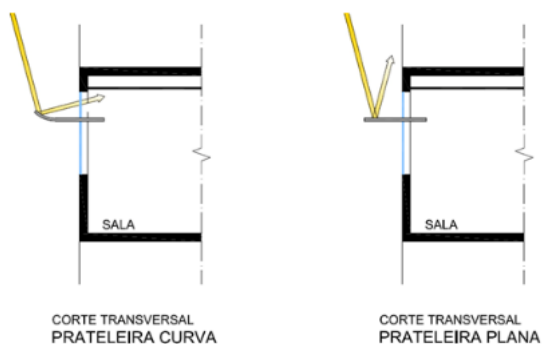
Entretanto, em algumas situações, a obstrução externa melhorou as condições de iluminação do ambiente interno, pois proporcionou a redução das horas com iluminâncias consideradas excessivas, por exemplo, acima de 2000 lx. Contudo, a redução nos níveis de iluminação interna causados pela obstrução externa gerou também um aumento considerável nos horários com iluminação insuficiente.

Na comparação entre edifícios com e sem prateleiras de luz, esses últimos apresentaram índices de uniformidade baixos, caracterizando a iluminação nos espaços com altos níveis próximos à abertura e baixos níveis na porção oposta da sala. Sem o dispositivo para fazer o papel de proteção solar, são registradas muitas horas com iluminação excessiva ao longo do ano. Em contrapartida, as análises dos dados de saída das simulações de iluminação natural evidenciam a capacidade de uniformização da luz natural admitida pelas aberturas com as prateleiras de luz, demonstrando a melhora no conforto lumínico interno em relação a essa característica.

Tanto a prateleira de luz plana, quanto a curva obtiveram uniformidade superior aos modelos sem esses dispositivos, dobrando, em média, esse índice. Esse fato foi possível, pois o dispositivo se mostrou eficiente na distribuição das iluminâncias em profundidade nos casos simulados e manteve a maioria dos pontos de medição com níveis próximos ao intervalo de iluminação útil, compreendido entre 100 e 2000 lx.

Na comparação entre os dois desenhos de prateleira de luz simulados, não foi observada uma melhora significativa nos índices analisados em relação a um ou outro modelo (Figura 6). Cada geometria ganhou um discreto destaque em diferentes situações. O dispositivo curvo desempenhou melhor seu papel nos horários em que o sol se encontra mais alto no céu, redirecionando mais luz para o interior do ambiente, enquanto o plano obteve melhores índices em outras situações.

Figura 6 – Comparação entre a reflexão dos raios solares mais altos nas prateleiras curvas e planas



Fonte: o autor.

Além de melhorar a uniformidade, os modelos simulados com as prateleiras de luz reduziram consideravelmente as horas registradas com iluminâncias excessivas, contribuindo para o conforto visual do usuário interno. Entretanto, também foi registrado um aumento de horas anuais registradas com iluminâncias insuficientes, nas quais seria necessária a complementação da iluminação com luz artificial.

Mesmo com a obstrução de parte da abóbada celeste pelas edificações no entorno, as prateleiras de luz se mostraram eficientes em todas as orientações simuladas (norte, sul, leste e oeste). Nessas orientações, as obstruções do entorno colaboram para o bloqueio da radiação solar

direta proveniente de menores altitudes do sol, reduzindo as iluminâncias excessivas no recinto. Ressalta-se, com isso, a eficiência da aplicação desse dispositivo nos edifícios verticais de escritórios e a importância de se estudar o entorno ao se projetar um edifício e sua envoltória.

Capítulo 14

*Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno*¹⁷

Andréa Coelho Laranja

17 Link da publicação original: LARANJA, Andréa Coelho. *Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno*. 2010, 285 f. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, 2010. Disponível em: <http://objdig.ufrj.br/21/teses/737758.pdf>

A luz natural é a fonte de melhor resposta visual para o ser humano, sob a qual ele desempenha as mais diversas atividades. São muitas as razões para se utilizar a iluminação natural, dentre as quais pode-se citar a sua não constância. Pode-se dizer que a luz natural traz dinâmica ao espaço por ela iluminado, com o surgimento de sombreamentos, variações nas cores, nos reflexos e nos valores de iluminação. Isso é decorrente da variação das características da luz natural ao longo dos horários do dia, das estações do ano, das condições do céu e das características do ambiente externo.

Porém, do ponto de vista histórico, a abordagem da iluminação natural no ambiente interno passou por variações em função dos diversos paradigmas apresentados. Na medida em que novos materiais e tecnologias foram desenvolvidos, as aberturas e os elementos de ligação entre interior e exterior passaram por transformações até chegar a Revolução Industrial, na qual houve a ruptura com o meio ambiente em que a arquitetura se inseria. As novas formas de conceber a arquitetura passaram a apresentar a retomada de sua integração ao meio natural, com uma arquitetura vinculando-se novamente ao clima. Assim, observa-se a necessidade de articulação entre ambiente interno e externo, a fim de obter disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno construído.

Nesse sentido, pode-se citar as regulamentações urbanas, Planos Diretores Urbanos, as regulamentações edilícias, Códigos de Obras, os quais caracterizam-se como instrumentos reguladores do município na busca por ordenação, organização e crescimento da cidade. Cabe ao município a articulação entre as regulamentações, da escala do urbano e da escala do edifício, com vistas à garantia da qualidade dos espaços habitados.

Entretanto, encontra-se ainda no cenário nacional um quadro precário quanto às regulamentações edilícias e urbanas existentes, uma vez que essas trazem abordagens generalizadas para a cidade, sem vínculos entre as duas escalas de regulamentações. Dessa forma, não se observa qualquer relacionamento entre os

parâmetros que influenciam a disponibilidade de iluminação no ambiente interno com o ambiente externo, nem relações com o clima do local. Diante desse contexto, observam-se algumas carências observadas quanto à abordagem da iluminação natural no ambiente interno, podendo ser citadas: a não identificação do grau de interferência dos parâmetros da malha urbana, vias e edificações obstruidoras, na disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno; a falta de regulamentos que tratam da edificação e do espaço urbano em consonância com as características climáticas da localidade. Assim, toma-se como hipótese a possibilidade de alterar a disponibilidade de iluminação no ambiente interno, a partir de modificações nas características da malha urbana, vias e edificações obstruidoras.

Dessa forma, analisou-se as contribuições da malha urbana, vias e edificações obstruidoras, qualificando suas características, de forma a contribuir para a disponibilidade da iluminação natural no ambiente interno. São analisados cinco parâmetros: largura de via, orientação de via, altura das edificações obstruidoras, afastamento das edificações obstruidoras e refletância das superfícies do entorno. Os procedimentos utilizados para a obtenção dos resultados foram aplicados em um cenário urbano, da cidade de Vitória-ES, tomando como base a análise do parâmetro “altura das edificações obstruidoras”, como visto na Figura 1.

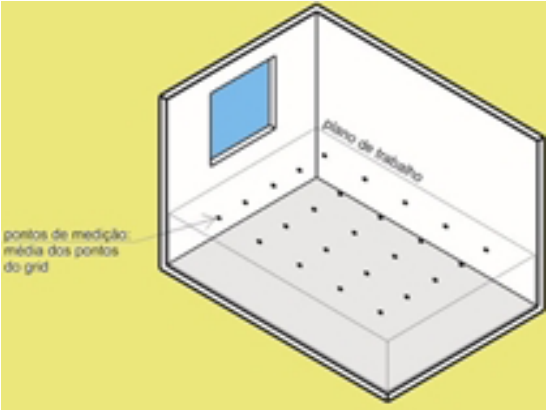
O ambiente interno caracteriza-se por uso prolongado (quarto e/ou sala) em edificação residencial multipavimentos, de acordo com as características encontradas nos códigos de obras brasileiros. Assim, o ambiente possui área de 10,00m², largura de 2,60m e comprimento de 3,85 m, com 25 pontos de medição da iluminância na altura de 75 cm (Figura 2).

Figura 1 – Foto aérea de parcela de área do bairro da Praia do Canto com demarcação do cenário urbano a ser estudado, edificação analisada e edificações obstruidoras



Fonte: a autora.

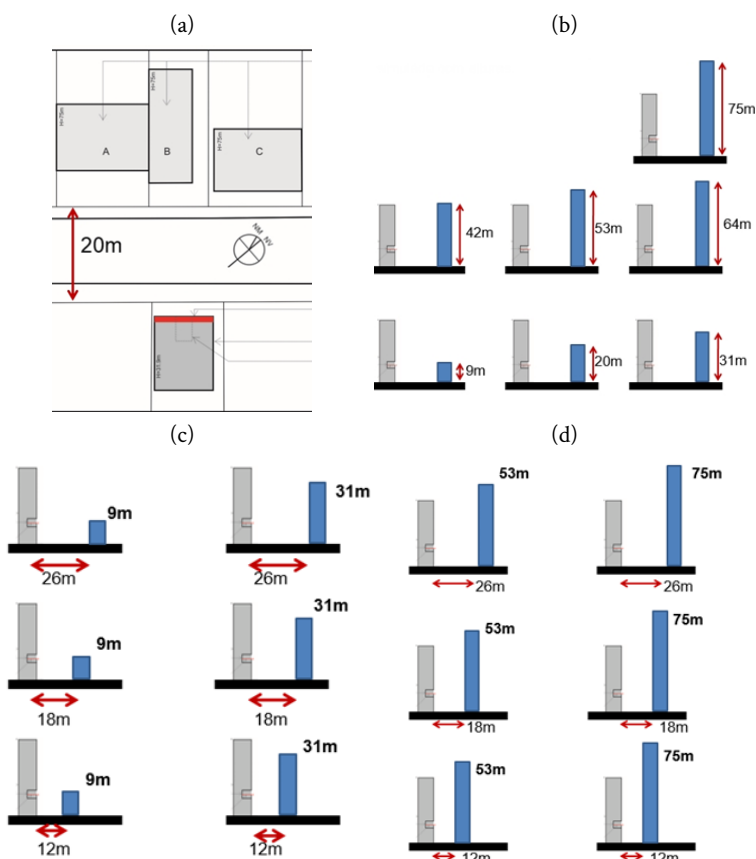
Figura 2 – Perspectiva do ambiente interno com pontos de medição da iluminância



Fonte: a autora.

No que se refere ao parâmetro “altura das edificações obstruidoras”, as análises procederam conjugadas com a largura das vias. Foram testadas edificações com altura de 9m, 20m, 31m, 42m, 53m, 64m e 75m e larguras de via com 12m, 18m, 20m e 26m, todas com abertura orientada para noroeste (Figura 3).

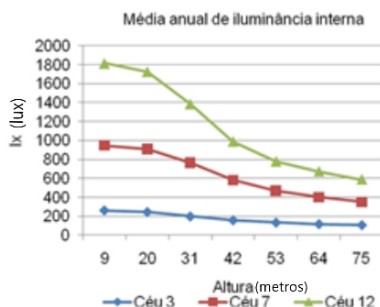
Figura 3 – a) Vista superior das edificações obstruidoras e ambiente analisado; b) Cortes esquemáticos com largura de via de 20m e alturas diferenciadas nas edificações obstruidoras; c) e d) Cortes esquemáticos com largura de via em 12m, 18m e 26m, conjugado com alturas diferenciadas das edificações obstruidoras



Fonte: a autora.

Em¹⁸ céu claro (definido como céu 12) o aumento da altura das edificações obstruidoras de 9 m para 75 m, ou seja, de uma edificação de 3 andares para uma edificação de 25 andares, acarreta uma redução de quase 70% nos valores de iluminância interna do ambiente interno analisado (Gráfico 1). Em céu parcialmente nublado (céu 7), observou-se também casos específicos, como exemplo, uma via com 12 m de largura, onde se constatou que a maior taxa de decaimento da iluminação natural ocorre quando a altura da edificação obstruidora é de até 4 vezes sua largura. Em largura de via de 18 m, a maior taxa de decaimento da iluminação natural ocorre quando a altura é de até 3 vezes a largura, já para largura de via de 26m a maior taxa de decaimento ocorre quando a altura é de até 2 vezes a largura da via.

Gráfico 1 – Média anual de iluminância interna do ambiente analisado

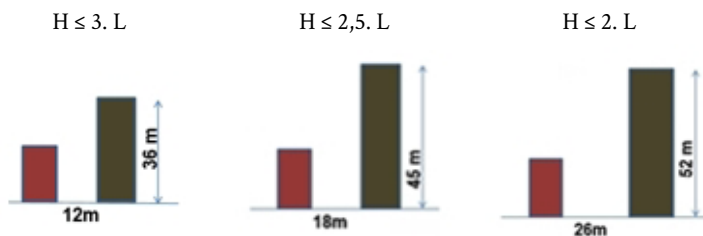


Fonte: a autora.

Conclui-se que, à medida que são aumentadas as larguras de vias (L), devem ser reduzidas as relações entre a altura das edificações obstruidoras (H) e a largura de via (L), ver Quadro 1.

18 Céu: a Comissão Internacional de Iluminação (CIE, 2003) caracteriza o Céu em 15 padrões em função das condições atmosféricas e climáticas, sendo cinco tipologias enquadradas no padrão de Céu Encoberto (Céu 1, 2, 3, 4 e 5), cinco tipologias enquadradas como Céu Parcialmente Nublado (Céu 6, 7, 8, 9 e 10) e cinco tipologias enquadradas como Céu Claro (Céu 11, 12, 13, 14 e 15).

Quadro 1 – Relações entre altura de edificação e largura de via.



Fonte: a autora.

Evidencia-se com a pesquisa a necessidade de se estabelecer não somente mínimos e máximos nas regulamentações edilícias e urbanas (códigos de Obras e Plano Diretor Municipal), como exemplo do parâmetro altura e largura investigados, mas também a possibilidade de intervalos de altura e largura ou proporções entre as larguras e alturas que sugerem maior disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno.

REFERÊNCIAS

CIE – COMMISSION INTERNATIONALE L'ÉCLAIRAGE. *Spatial distribution of daylight* – CIE standard general sky. Publication CIE S 011/E:n2003. Viena, Áustria, 2003.

Eficiência energética

Capítulo 15

Avaliação de adequabilidade da metodologia “mapa energético-solar” para a região metropolitana de Vitória-ES¹⁹

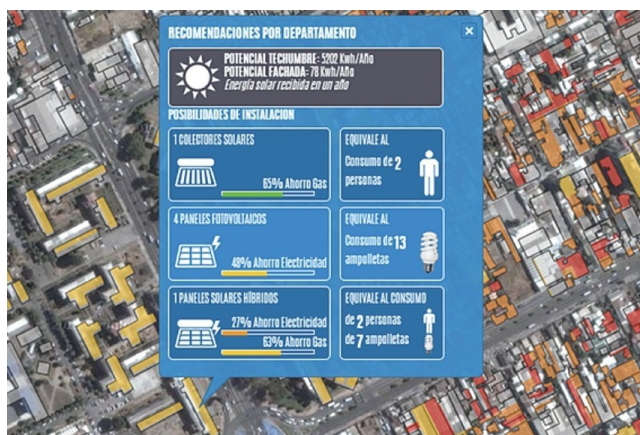
*Lohane Barcelos Palaoro
Cristina Engel de Alvarez*

19 Link de publicação original: PALAORO, Lohane Barcelos. *Mapa Solar Interativo: proposta de método para Vitória/ES*. 2019. 131f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2019. Disponível em: https://sappg.ufes.br/tese_drupal//tese_13521_LOHANE%20PALAORO%20-%20VERS%C3O%20FINAL.pdf

No Brasil, o alto potencial de aproveitamento da energia solar pode ser visto como uma maneira de solucionar os impasses ligados ao aumento da demanda por energia elétrica verificado nos centros urbanos. Assim, considerando o recurso solar disponível e as características de consumo energético nas cidades brasileiras, nota-se a necessidade de desenvolver ferramentas que auxiliem no uso de fontes geradoras renováveis e seguras, como forma de minimizar as demandas sobre a rede convencional de energia, bem como proporcionar geração distribuída.

Nesse sentido, os Mapas Solares Interativos se apresentam como um importante instrumento informativo do potencial solar das edificações urbanas; divulgando dados inerentes ao potencial energético aproveitável (kWh/m^2), a configuração do sistema de aproveitamento aplicável, a provável economia proporcionada ($\$/\text{kWh}$), o tempo de retorno do investimento, entre outros. A Figura 1 mostra, como exemplo, o Mapa Solar Interativo desenvolvido na cidade de Concepción, Chile.

Figura 1 – Mapa Solar Interativo de Concepción, Chile



Fonte: as autoras.

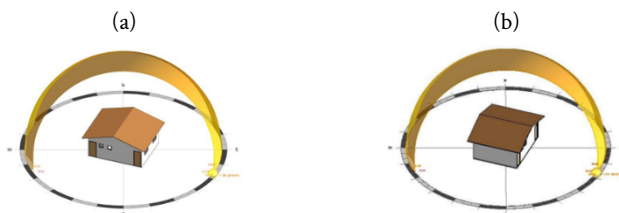
Apoiado nos aspectos apresentados, aplicou-se a metodologia de desenvolvimento do Mapa Solar Interativo para áreas residenciais da

Região Metropolitana da Grande de Vitória (RGMV), a fim de avaliar sua aplicabilidade, identificar potencialidades e antecipar possíveis entraves. Por meio da análise das metodologias disponíveis para a elaboração do mapa em questão, foi selecionado o método descrito por García-Alvarado *et al.* (2014), em razão das melhores condições de aplicação, uma vez que utiliza softwares e dados de fácil acesso. No método em questão, para obtenção do potencial solar (kWh/m^2) nas coberturas analisadas, foi utilizado o software Ecotect, da Autodesk, e o ArcGis para o desenvolvimento de mapas. A aplicação do referido método segue cinco etapas básicas, detalhadas a seguir.

Na primeira etapa, adotou-se uma região localizada no bairro Jabaeté (Vila Velha-ES), onde se encontram habitações de interesse social. Parte do bairro foi selecionado como estudo de caso por apresentar uma padronização nas habitações projetadas, facilitando a aplicação da metodologia escolhida. Em seguida, na segunda etapa, desenvolveu-se o modelo digital das edificações presentes no recorte, sendo necessário informações construtivas disponibilizadas pela Secretaria de Estado de Saneamento, Habitação e Desenvolvimento Urbano (Sedurb).

Diante dos dados obtidos, foram estabelecidos dois modelos, desenvolvidos no Revit, utilizando as mesmas características das habitações existentes e modificando apenas a orientação, de acordo com a realidade do recorte territorial. O Modelo 1 (Figura 2a) possui fachada frontal orientada a sudoeste ou nordeste, ao passo que o Modelo 02 (Figura 2b) possui fachada frontal orientada a sudeste ou noroeste.

Figura 2 – Modelos de Habitação (a) 1 e (b) 2



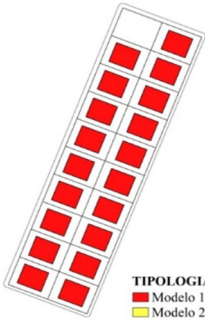
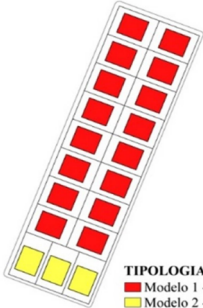
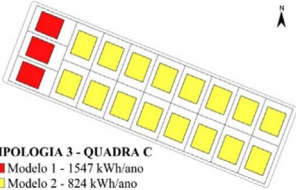
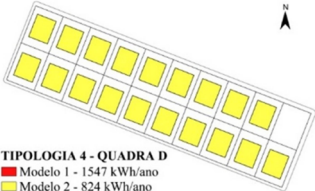
Fonte: as autoras.

Na terceira etapa, foram definidas 4 tipologias para análise, todas com 19 unidades habitacionais, divergindo apenas na orientação dos lotes e na quantidade de modelos 1 e 2 existentes. Na quarta etapa, foram realizadas as simulações dos dois modelos de habitação utilizando a ferramenta “Analisar Energia”, do software Revit, a fim de obter o potencial de aproveitamento solar na cobertura das edificações. As simulações foram realizadas para todos os dias do ano (de 01/01/2016 a 01/01/2017), de hora em hora (das 5h00 às 18h00). Os dados climáticos utilizados são da estação meteorológica mais próxima da região de estudo, já integrados ao Revit.

Após as simulações, na quinta etapa do método, foram extraídos os dados de energia gerada por um sistema fotovoltaico determinado, de cada modelo habitacional. Em seguida, foi desenvolvido um mapa apresentando o potencial de aproveitamento solar disponível em cada cobertura. Com os resultados obtidos após as simulações, observou-se que, para um sistema fotovoltaico hipotético de média eficiência (10% de perdas), o Modelo 1 foi capaz de gerar 1.547 kWh/ano, enquanto o Modelo 2 gerou 824 kWh/ano. Isso significa que a orientação da cobertura do Modelo 1 possibilitou maior aproveitamento da energia solar, por possuir ambas as águas orientadas a nordeste. A Tabela 1 mostra a configuração das quadras (tipologias) analisadas e o montante de energia elétrica produzida anualmente (kWh/ano) pelo sistema proposto.

Dessa forma, por meio da Tabela 1, verificou-se que a Tipologia 1 apresentou o melhor resultado (29.393 kWh/ano), quanto à geração de energia, devido à presença totalitária de habitações do Modelo 1, ao passo que a Tipologia 4 apresentou o pior resultado por conter apenas habitações do Modelo 2 (15.656 kWh/ano). Adicionalmente, a Figura 3 mostra o mapa desenvolvido no ArcGis, a fim de realizar uma análise macro do loteamento, indicando o nível do potencial solar, a partir das cores amarela (baixo potencial) e vermelha (alto potencial).

Tabela 1 – Tipologias selecionadas para análise no Bairro Jabaeté

Tipologia	Energia gerada pelo sistema PV – Média Eficiência
Tipologia 1  TIPOLOGIA 1 - QUADRA A ■ Modelo 1 - 1547 kWh/ano ■ Modelo 2 - 824 kWh/ano 29.393 kWh/ano	
Tipologia 2  TIPOLOGIA 2 - QUADRA B ■ Modelo 1 - 1547 kWh/ano ■ Modelo 2 - 824 kWh/ano 27.224 kWh/ano	
Tipologia 3  TIPOLOGIA 3 - QUADRA C ■ Modelo 1 - 1547 kWh/ano ■ Modelo 2 - 824 kWh/ano 17.825 kWh/ano	
Tipologia 4  TIPOLOGIA 4 - QUADRA D ■ Modelo 1 - 1547 kWh/ano ■ Modelo 2 - 824 kWh/ano 15.656 kWh/ano	

Fonte: as autoras.

Figura 3 – Mapa do Potencial Solar do loteamento Jabaeté



Fonte: as autoras.

Durante o emprego do método selecionado, foram identificadas algumas contrariedades quanto à sua aplicação na realidade da região adotada. Destacou-se que, inicialmente, a impossibilidade de obter o potencial de radiação solar ($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{ano}$) nos telhados analisados, visto que tal procedimento está atrelado à necessidade da utilização do Ecotect, descontinuado pela Autodesk. Para contornar esse impasse, utilizou-se a ferramenta “Análise de Energia”, do Revit, que apresenta um resumo do montante de energia (kWh/ano) que a cobertura poderia produzir utilizando painéis solares. Outro possível impasse pode ser o tempo despendido para a modelagem das habitações. Em regiões maiores, com tipologias diversificadas de edifícios, o tempo para a modelagem pode ser muito maior, comprometendo o prazo do projeto.

Em contrapartida, o mapa desenvolvido, mostrado na Figura 3, se apresentou como uma boa ferramenta de análise, na qual é possível

identificar facilmente as habitações e, conseqüentemente, as quadras que possuem maior aproveitamento solar.

No entanto, embora tenham sido identificadas algumas dificuldades, o desenvolvimento de um Mapa Solar Interativo pode ser um importante instrumento para auxiliar nos processos de planejamento urbano, especialmente nas áreas de expansão voltadas para uso residencial e contribuir para a maximização do potencial solar em novas edificações.

Capítulo 16

Edifícios comerciais energeticamente autossuficientes em Vitória²⁰

*Anderson Fraga
Cristina Engel de Alvarez*

20 Link da publicação original: FRAGA, Anderson Azevedo. *Potencial de adoção do conceito Zero Energy para edificações comerciais em Vitória* – ES. 2020. 164f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2020. Disponível em: https://sappg.ufes.br/tese_drupal/tese_14274_ANDERSON%20AZEVEDO%20FRAGA%20-%20VER-S%C3O%20FINAL.pdf

A energia elétrica é um recurso essencial para o desenvolvimento econômico de um país, para a qualidade de vida da população e para a manutenção do meio ambiente por meio de seu uso eficiente. A importância do uso racional e eficiente desse recurso torna imprescindível a conservação e redução do seu desperdício para a sustentabilidade do ambiente em que se vive. Essa gestão eficiente do consumo de energia é essencial para reduzir o impacto energético de setores como o de edificações, o qual consome cerca de 36% a 40% da energia total final no mundo (IEA, 2019; UNEP, 2017, 2019).

Um exemplo da importância desse recurso e de seu uso devidamente planejado pôde ser observado durante a crise brasileira. Ocorrida em 2001, essa crise provocou mudanças no planejamento do fornecimento de energia elétrica, com o posterior surgimento de medidas atenuantes às dificuldades de cunho ambiental e de infraestrutura da época. Em seu ápice, no ano de 1999, o país passou pelo período popularmente denominado “apagão”, o qual representou a falta de fornecimento em 70% do território nacional. O consumo de energia elétrica, entre os anos de 1990 e 2000, sofreu aumento de 49%, enquanto a capacidade instalada foi expandida em 35%, ocasionando o descompasso entre consumo e fornecimento nessa época (CONEJERO; CALIA; SAUAIA, 2016; TOLMASQUIM, 2000).

Em contraponto à demanda e à ineficiência energética, as edificações comerciais, em particular as de escritório, podem desempenhar funções estratégicas como minimizar o uso energético e produzir eletricidade, aproximando ou tornando zero a razão entre a produção e o consumo de energia. Essas edificações são denominadas edificações com balanço energético nulo ou Zero Energy Buildings (ZEB). Com a introdução de uma ZEB, a exploração de recursos renováveis complementares como a energia solar e a utilização de tecnologia solar fotovoltaica surgem como opção para minimizar as consequências negativas causadas por condições climáticas, de infraestrutura e socioeconômicas adversas. A disponibilidade de recursos naturais como a radiação solar recebida no Brasil, por exemplo, concentra

grande capacidade de geração de energia solar. Essa mesma quantidade de radiação está acima dos níveis de muitos países tradicionais na geração de energia fotovoltaica, o que reforça a adoção desse recurso como forma de reduzir o uso de fontes de energia fósseis.

No âmbito estadual, o Espírito Santo vem apresentando redução na produção de energia limpa, quando comparado proporcionalmente ao consumo de fontes tradicionais. Existe ainda a parcela de geração de energia elétrica oriunda de fontes não renováveis de energia, como usinas termelétricas, correspondendo a 65% de toda a capacidade instalada em operação do Espírito Santo, restando 35% de fontes renováveis, composta por usinas hidrelétricas, com participação de 34% e geradores de energia solar fotovoltaica, com 1% (ARSP, 2019; ENERGIAS DE PORTUGAL, 2017). Além do baixo aproveitamento de energias provenientes de fontes renováveis, o estado ainda conta com edificação com baixo desempenho termoenergético, principalmente edificações comerciais. Estas, mesmo após legislações sobre metas de desempenho energético publicadas após 2003, não atendem boa parte dos critérios definidos, muito menos adotam materiais e componentes com a eficiência necessária para desenvolver um estado de uso eficiente de energia elétrica.

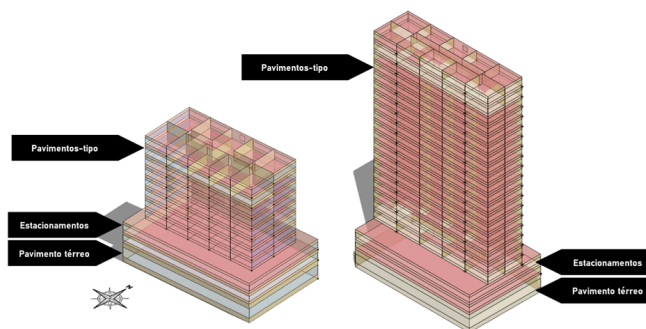
Dessa forma, considerando as características do ambiente construído no âmbito da Região Metropolitana da Grande Vitória e brasileiro, uma questão foi levantada: é possível desenvolver edificações cujos valores de demanda e produção de energia elétrica resultem em nulo ou quase nulo, em Vitória? Assim, objetivou avaliar a aplicabilidade do conceito Zero Energy em edificações comerciais, especificamente de escritório, com o intuito de verificar a validade do método para o cenário construtivo brasileiro, utilizando como recorte territorial e cenário urbano para o estudo a cidade de Vitória-ES. Como ponto de partida, define-se que um edifício Zero Energy (ZEB), ou em português, balanço energético nulo, é uma edificação energeticamente eficiente, na qual, considerada a fonte energética, a energia elétrica fornecida pela concessionária é anualmente menor ou igual à quantidade de energia renovável

exportada pela edificação para a rede. Uma outra definição importante iniciada na Europa foi proposta para edificações Near Net Zero Energy, nZEB, e em português, próximo ao balanço energético nulo, apoia-se na premissa do aproveitamento máximo de recursos para produção de energia, implementando mecanismos à edificação, de forma que esse aproveitamento aconteça e a utilização à nível ótimo da energia primária, para um consumo maior que 0 kWh/m² ao ano.

Ainda sobre a eficiência energética no ambiente construído, estudos desenvolvidos pela United Nations Environment Programme apontam que 103 países definiram a eficiência energética e uso de energias renováveis como parte importante do seu planejamento estratégico, e desses, 79 são países emergentes e em desenvolvimento. Constata-se, ainda, que o consumo de energia poderia ter sido 12% maior, em 2017, caso as políticas públicas mencionadas anteriormente não tivessem sido implementadas desde o ano 2000 (UNEP, 2017). Para a obtenção dos resultados, primeiramente realizou-se o levantamento das edificações de Vitória, com a caracterização construtiva e arquitetônica mais frequentes e a construção de modelos representativos do cenário observado. Com os modelos definidos, obteve-se as simulações objetivando avaliar o desempenho energético, as possíveis formas de efficientização e de produção de energia; e por fim, realizou-se a avaliação dos resultados e da viabilidade econômica de implantação do sistema de produção de energia.

Os edifícios selecionados foram resumidos às características mais frequentes entre elas e, assim, traduzidas em um modelo computacional que compusesse um retrato das edificações comerciais de escritório da cidade de Vitória. Essas características foram divididas em dois modelos com quantidades de pavimento-tipo que representassem edificações com menos pavimentos (até 8 pavimentos) e mais pavimentos (com até 19 pavimentos), como mostra a Figura 2. Além do número de pavimentos, os modelos conformam dois pavimentos-garagem, um pavimento térreo composto por lojas. Cada pavimento-tipo contém 9 salas comerciais e 1 área com circulações verticais e horizontais.

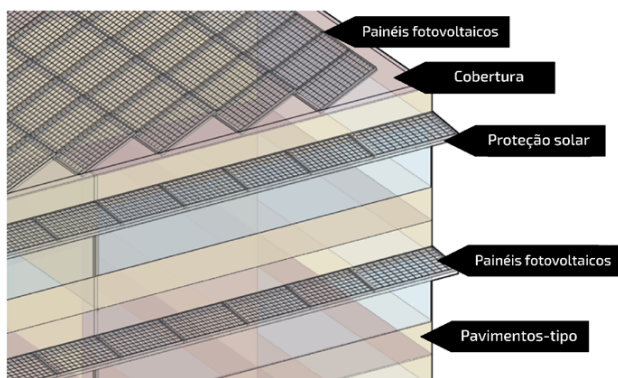
Figura 1 – Modelos computacionais de 8 pavimentos (à esquerda) e 19 pavimentos (à direita)



Fonte: os autores.

Foram propostas melhorias à arquitetura e aos equipamentos identificados, assim como melhorias para o sistema de condicionamento de ar, principal responsável pelo maior consumo de energia. Para contrapor o consumo de energia, aumentar a eficiência do modelo e utilizar o conceito de edificação Zero Energy, foi proposto um sistema de produção de energia solar por meio da utilização de painéis fotovoltaicos, como exemplificado na Figura 3.

Figura 2 – Sistema de produção de energia solar fotovoltaica



Fonte: os autores.

Na etapa de simulação, prevendo uma análise das melhorias sugeridas, foram avaliadas as seguintes medidas: 1ª alteração nos tipos de vidros, de um menos eficiente para o mais eficiente no mercado; 2º mantido o vidro mais eficiente e modificadas as aberturas dos modelos, e assim sucessivamente, como observado na Tabela 1. Esses cenários foram agrupados em blocos de simulação, representados como B1 a B10, a fim de facilitar a identificação das modificações propostas e plotagem dos resultados em gráfico.

Tabela 1 – Composições dos blocos de simulação

Blocos de cenários	Medidas de mitigação de consumo de energia adotadas										Legenda
B1*, B2	1										1 Orientação solar.
B3	1	2									2 Modificação de sistema de condicionamento de ar.
B4	1	2	3								3 Modificação da composição construtiva das paredes externas.
B5	1	2	3	4							4 Modificação da composição da cobertura.
B6	1	2	3	4	5						5 Modificação da Proporção Total das Aberturas nas Fachadas.
B7	1	2	3	4	5	6					6 Implementação de proteção solar.
B8	1	2	3	4	5	6	7				7 Medida de redução em 30% da iluminação.
B9	1	2	3	4	5	6	7	8			8 Medida de redução em 30% dos equipamentos.
B10	1	2	3	4	5	6	7	8	9		9 Substituição de vidro com maior eficiência termoenergética.

Fonte: os autores.

Os resultados mostraram que as estratégias de implementação de sistemas de condicionamento de ar, de equipamentos e iluminação mais eficientes são muito importantes para a economia de energia. Esses resultados indicam que a adoção desse conceito para novas edificações é factível e cada vez mais acessível à comunidade. Dentre as observações feitas sobre os resultados alcançados e analisando os blocos de simulação, percebe-se que a reta azul de média é mais acentuada no Gráfico 1, representativo do consumo anual final de

energia elétrica do modelo de 8 pavimentos, do que no Gráfico 2, representando o consumo energético do modelo de 19 pavimentos. Essa diferença sugere que as modificações atribuídas em ambos os modelos são mais eficazes no modelo com menos pavimentos do que no modelo maior.

Gráfico 1 – Curva de Consumo Anual Final de energia elétrica do modelo de 8 pavimentos



Fonte: os autores.

Observa-se, também, que o desempenho da edificação de 19 pavimentos aumenta após a inserção de um sistema de ar-condicionado mais eficiente do que os modelos observados nos edifícios da cidade. Esse aumento de desempenho pode ser observado no comportamento da curva entre B1 e B3. Já para o modelo com tipologia de 8 pavimentos, a mudança de um vidro de baixo para alto desempenho termoenergético resultou em uma queda significativa de consumo de energia, como apresentado no Gráfico 1, ao final da curva.

Gráfico 2 – Curva de Consumo Anual Final de energia elétrica do modelo de 19 pavimentos



Fonte: os autores.

As modificações arquitetônicas propostas para os modelos resultaram em pouco impacto, quando os resultados são analisados de forma individual. Entretanto, quando esses mesmos resultados são analisados de forma global, é perceptível a importância dessas alterações, dada a gradativa redução de energia com mudanças com relativo baixo custo de implementação.

Sendo assim, concluiu-se que o potencial de produção de energia solar, dada a particularidade do desenho urbano da cidade e da grande presença de edificações com poucos pavimentos, favorece a implementação do conceito *Zero Energy* para as edificações comerciais, assim como sugere a Tabela 2. Como exemplo imediato da importância deste estudo, medidas no sentido de estudar a validade do conceito foram adotadas recentemente pelo Governo Federal, por meio de uma chamada pública para propostas de edificações que utilizassem o conceito *Zero Energy* como diretriz projetual, com o intuito de tornar válida e popularizar a iniciativa de construções energeticamente eficientes.

Tabela 2 – Composições dos blocos de simulação

	Blocos de cenários	Resultado mais eficiente (MWh)	Diferença entre cenário atual e o anterior (%)		Blocos de cenários	Resultado mais eficiente (MWh)	Diferença entre cenário atual e o anterior (%)
Modelo de 8 pav.	B1	1.005.783	-	Modelo de 19 pav.	B1	2.248.697	-
	B2*	955.493	-5,00%		B2*	2.136.262	-5,00%
	B3	863.481	-9,63%		B3	1.398.844	-34,52%
	B4	852.119	-1,32%		B4	1.376.442	-1,60%
	B5	839.747	-1,45%		B5	1.349.869	-1,93%
	B6	838.269	-0,18%		B6	1.346.989	-0,21%
	B7	831.881	-0,76%		B7	1.325.481	-1,60%
	B8	829.439	-0,29%		B8	1.319.242	-0,47%
	B9	828.489	-0,11%		B9	1.316.042	-0,24%
	B10	605.853	-26,87%		B10	988.581	-24,88%

*O 2º bloco de simulações conteve tanto variáveis de orientação solar, como de vidro eficiente.

Fonte: os autores.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DO ESPÍRITO SANTO - ARSP. *Informações Energéticas do Estado do Espírito Santo*. Vitória: [s. n.], 2019.

CONEJERO, Maria Carolina; CALIA, Rogério Cerávolo; SAUAIA, Antonio Carlos Aidar. REDES DE INOVAÇÃO E A DIFUSÃO DA TECNOLOGIA SOLAR NO BRASIL. *RAI – Revista de Administração e Inovação*, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 90, 4 out. 2016.

ENERGIAS DE PORTUGAL - EDP. *Living Energy Book by EDP: Relatório Anual 2017*. Vitória: [s. n.], 2017.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. *Energy Efficiency Market Report 2019*. Rio de Janeiro: [s. n.], 2019.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. *Renewable Energy and Energy Efficiency in Developing Countries: Contributions to Reducing Global Emissions*. Nairobi, Kenya: UN Environment, 2017.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. *The Renewables in Cities: 2019 Global Status Report*. Paris: [s. n.], 2019. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/emissoes-do-setor-de-construcao-civil-atingiram> Acesso em: jul. 2023.

TOLMASQUIM, M. As Origens da Crise Energética Brasileira. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, n. 6/7, p. 179-183, 2000.

Capítulo 17

Proposta de método de projeto baseado no desempenho para edifícios energeticamente eficientes²¹

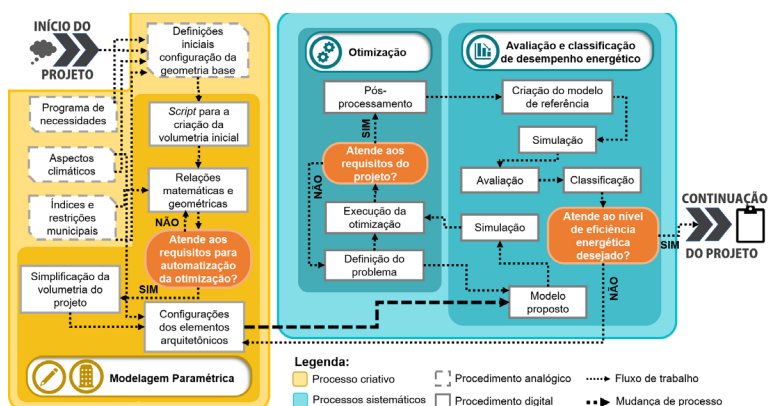
*Lucas Martinez da Costa
Cristina Engel de Alvarez*

21 Link da publicação original: MARTINEZ DA COSTA, Lucas. *Proposta de método de projeto performativo para edifícios energeticamente eficientes*. 2020. 166f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Espírito Santo, Vitória, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/95xwmsf99rHJ7cFHvy7cRcM/?lang=pt>

O desenvolvimento da tecnologia digital nas últimas décadas possibilitou o surgimento de novos métodos e técnicas para a elaboração de projetos arquitetônicos com ênfase na busca da eficiência energética, uma vez que o setor da construção civil tem sido um dos principais contribuintes para o consumo de energia elétrica em âmbito mundial, com uma representatividade de 31% dos gastos em relação às demais atividades produtivas.

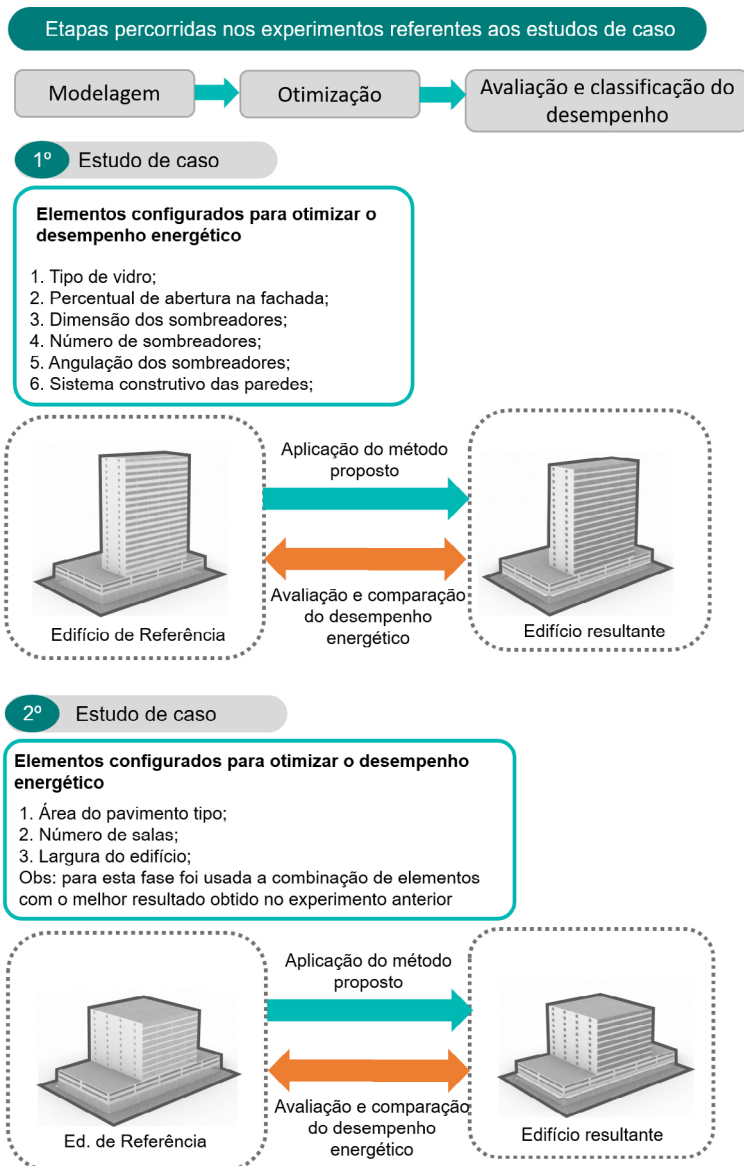
Nesta pesquisa, foi proposto um método de projeto baseado no desempenho energético das edificações com o objetivo de associar recursos computacionais, como a aprendizagem de máquina, por exemplo, para a obtenção de edifícios de escritório mais eficientes energeticamente (Figura 1). Para isso, foram utilizados *softwares* específicos (*Rhinoceros/Grasshopper, Opossum e Honeybee*), os quais foram empregados em experimentos representados por estudos de caso com base nas características construtivas dos edifícios e do Plano Diretor Urbano (PDU) da cidade Vitória-ES (Figura 2). Os parâmetros da Instrução Normativa Inmetro para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas (INI-C), balizaram todos os procedimentos de avaliação e classificação aplicados na pesquisa.

Figura 1 – Fluxograma geral do método de projeto proposto



Fonte: os autores.

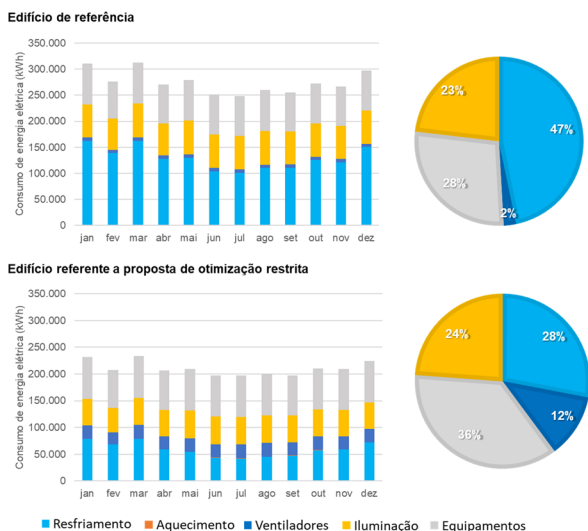
Figura 2 – Estruturação dos experimentos



Fonte: os autores.

Como um dos principais resultados do método, obteve-se uma melhoria de 31% no consumo total de energia primária e uma redução de 54% na demanda por refrigeração no edifício resultante do primeiro estudo de caso. Ou seja, esses percentuais representam uma diminuição total de aproximadamente 2.000.000 kWh/ano. Os sistemas que mais obtiveram melhorias foram os de resfriamento e iluminação, que correspondem a uma média anual de economia de 51% e 21%, respectivamente (Figura 3).

Figura 3 – Consumo mensal e total de energia elétrica por sistema do edifício resultante e seu edifício de referência no 1º estudo de caso



Fonte: os autores.

Os resultados obtidos no segundo estudo de caso apresentam características similares aos apresentados anteriormente, tendo apenas algumas particularidades que o distinguem. Devido à alteração da área referente ao pavimento tipo e a consequente alteração no número de pavimentos por consequência das diretrizes PDU, houve

uma diminuição do consumo do sistema de resfriamento, representado por uma economia de aproximadamente 8%. Esse fato se deve à diminuição da superfície de contato com a radiação solar incidente.

Outro dado relevante obtido a partir de uma estimativa de influência dos elementos configurados para otimizar o desempenho energético foi constatado que os impactos mais significativos no consumo de energia foram ocasionados pelas alterações do tipo de vidro, no percentual de abertura da fachada e na configuração dos sombreadores. A Figura 4 demonstra as combinações que resultaram em um melhor desempenho para cada estudo de caso.

Figura 4 – Resultado das combinações dos elementos configurados para otimizar o desempenho energético



Fonte: os autores.

Com base nos resultados obtidos por meio dos experimentos, constatou-se que o método proposto conseguiu atingir o seu objetivo,

proporcionando uma redução do consumo de energia elétrica nos edifícios de escritório, com base em alterações efetuadas no projeto arquitetônico com o auxílio direto de recursos computacionais.

Apesar das particularidades referentes aos estudos de caso, foi verificado um grande potencial de aplicação do método proposto no estágio inicial de desenvolvimento de projetos. Outro ponto a ser destacado é que o método pode se configurar a diferentes características de aglomerados urbanos brasileiros, possibilitando novos estudos para um melhor desempenho energético das edificações.

REFERÊNCIAS

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Annual Energy Outlook 2019 with Proj. to 2050*. Annual. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/aeo2019.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2020.

BRASIL. *Portaria nº 248, de 10 de julho de 2018*. Aperfeiçoamento do Regulamento técnico da Qualidade para a Classe de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002520.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 16401-3: instalações de ar-condicionado, sistemas centrais e unitários: parte 3: qualidade do ar interior*. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5413: iluminação de interiores*. São Paulo, 1992.

Capítulo 18

Definição de janelas termicamente eficientes²²

Victor Moura Bussolotti

Edna Aparecida Nico Rodrigues

22 Link da publicação original: BUSSOLOTTI, Victor Moura. *Algoritmos evolutivos na definição de janelas termicamente eficientes*. 2020. 224 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2020. Disponível em: <https://lpp.ufes.br/algoritmos-evolutivos-na-definicao-de-janelas-termicamente-eficientes>

O crescimento das cidades levou ao surgimento de materiais e de processos tecnológicos que elevaram o consumo energético da construção civil. A arquitetura, como parte desse setor, deve minimizar o excesso de energia consumido pelas edificações. Nesse contexto, cabe aos profissionais da área a tomada de decisões projetuais que atendam aos princípios da eficiência energética e que se adequem ao clima do local onde se insere a construção, deixando-a preparada para fornecer conforto no cenário das mudanças climáticas.

A cidade, seus edifícios e a indústria da construção civil consomem grande quantidade de energia. À medida que o setor da construção cresce, as edificações precisam ser 30% mais eficientes até 2030, para se alcançar as metas de contenção das mudanças climáticas (GLOBAL ALLIANCE FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION, 2017). Uma das maneiras de tornar as edificações mais eficientes é por meio do uso de estratégias bioclimáticas, como a ventilação natural proporcionada pelas janelas, que ainda regulam temperatura, umidade, iluminação, visual externa, controle de ruídos, aspectos plásticos e estéticos, custos, privacidade e segurança.

Assim, pode-se afirmar que a janela atua como condicionante para obter melhores condições de desempenho térmico das edificações, porém o uso inadequado de tipologias e a ausência de instrumentos que auxiliem o profissional na escolha de seus componentes, de acordo com as características climáticas locais, são problemas que evidenciam a necessidade de rever a forma como estão sendo projetadas as esquadrias.

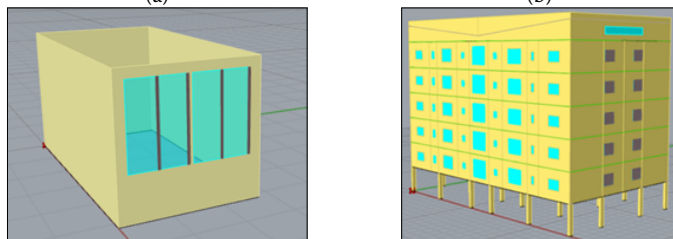
A forma de se resolver tal problema pode estar nos conceitos de sistema generativo, que, valendo-se de algoritmos, gera soluções, a partir da combinação de diversos elementos ou variáveis, contribuindo para o processo criativo, maximizando a possibilidade de obtenção de projetos de qualidade em um sistema parametrizado. Dessa forma, objetivou-se analisar processos de projeto com a utilização de algoritmos evolutivos para a definição de janelas termicamente eficientes. Inicialmente, fez-se a caracterização do objeto de estudo, no qual analisaram-se janelas utilizadas em edifícios residenciais, pontuando as características físicas

e identificando as limitações que influenciam na sua eficiência, quanto ao funcionamento integrado ao edifício e os aspectos técnicos, normativos e legislativos que regem o contexto projetual das esquadrias.

Em seguida, analisaram-se as condições climáticas do local de estudo escolhido — Vitória-ES — para realização da simulação e como elas influenciam no projeto de janelas. Definiu-se que as janelas seriam analisadas em um edifício residencial unifamiliar padrão. Para a simulação, escolheu-se o software para parametrização, considerando programas que possibilitassem o estudo em conjunto das inúmeras variáveis do elemento janela. Nessa etapa, definiram-se os parâmetros de entrada do software Rhino 6 e dos plug-ins Grasshopper e Galapagos, destacando-se as características físicas da janela, do edifício e do ambiente, de acordo com as diretrizes prescritas na norma ASHRAE 55 (AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, 2013), possibilitando a construção dos algoritmos, segundo as definições de caracterização do objeto de estudo.

Para a obtenção dos resultados, foi modelado um sistema para análise de conforto térmico em um ambiente do edifício. Após a configuração do sistema e a definição dos dados de saída, os dados obtidos pela simulação foram analisados em duas etapas: voto médio previsto (PMV) e conforto adaptativo, ambos presentes na ASHRAE 55. Foram feitas simulações no cômodo isolado e com o edifício ao redor exercendo influências de trocas térmicas (Figura 1).

Figura 1 – (a) Modelagem do cômodo e (b) Modelagem do edifício



Fonte: os autores.

Foram realizadas simulações utilizando as diretrizes do Código de Obras de Vitória, da NBR 15.575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) e do RTQ-R (INMETRO, 2012) para as quatro orientações principais — norte, sul, leste, oeste. Em seguida, simulou-se as 4 fachadas aplicando-se o solucionador evolutivo Galapagos no modelo do ambiente isolado. O Quadro 1 mostra as dimensões mínimas de aberturas para o ambiente de estudo, segundo as legislações escolhidas.

Quadro 1 – Dimensões mínimas de abertura do ambiente, segundo as legislações estudadas

Legislação	Percentual Mínimo de Iluminação	Área mínima de Iluminação	Percentual Mínimo de Ventilação	Área mínima de Ventilação
Cód. Obras	1/8 área do piso	1,78m ²	1/16 área do piso	0,89m ²
RTQ-R	12,5% área do piso	1,78m ²	10% área do piso	1,43m ²
NBR 15.575	8% área do piso	1,14m ²	8% área do piso	1,14m ²

Fonte: os autores.

Buscou-se, com isso, verificar os percentuais de conforto térmico que as dimensões das aberturas encontradas pela norma obtiveram. Os resultados foram exportados em forma de quadros e foram feitas comparações entre as normas e o Galapagos, entre as diferentes fachadas e, no caso do edifício, entre os diferentes pavimentos. O Quadro 2 mostra o comparativo entre as características das janelas das legislações com as janelas obtidas pelo Galapagos para cada fachada.

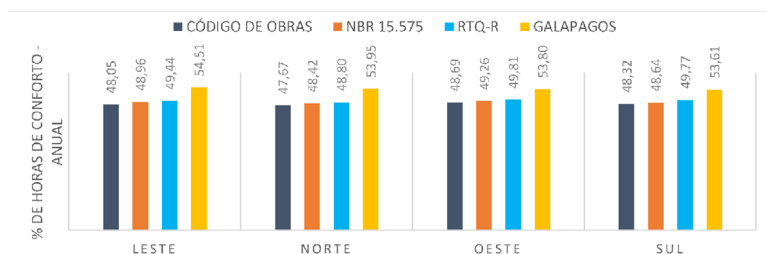
Quadro 2 – Comparativo das janelas das legislações com as janelas do Galapagos

Genomas	LARG. (m)	ALT. (m)	PEIT. (m)	DIST. PAREDE (m)	Nº DE JANELAS	DIST. ENTRE JANELAS (m)	TIPO DE VIDRO	TEM BRISE?	MEDIDA BRISE (m)	BRISE HORIZ. OU VERT.	ÂNGULO	Nº DE PALETAS	% DE ÁREA OPERÁV.
CÓD. OBR.	1.8	1	1.1	0.5	1	X	simples	não	X	X	X	X	50
NBR	1.15	1	1.1	0.8	1	X	simples	não	X	X	X	X	100
RTQ-R	1.8	1	1.1	0.5	1	X	simples	não	X	X	X	X	80
GALAP. LESTE	2.5	1.7	0.9	0.2	1	x	simples	sim	0.1	horiz.	75	10	100
GALAP. NORTE	2.5	1.9	0.9	0.2	1	x	simples	sim	0.1	horiz.	60	10	100
GALAP. OESTE	2.4	1.7	0.9	0.3	1	X	duplo	sim	0.1	horiz.	75	10	100
GALAP. SUL	2.5	1.7	0.9	0.2	1	x	simples	sim	0.1	horiz.	90	9	100

Fonte: os autores.

Os resultados de conforto adaptativo das janelas das legislações e das janelas otimizadas pelo Galapagos no ambiente isolado foram comparados e apresentados no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Conforto adaptativo anual segundo a ASHRAE 55.

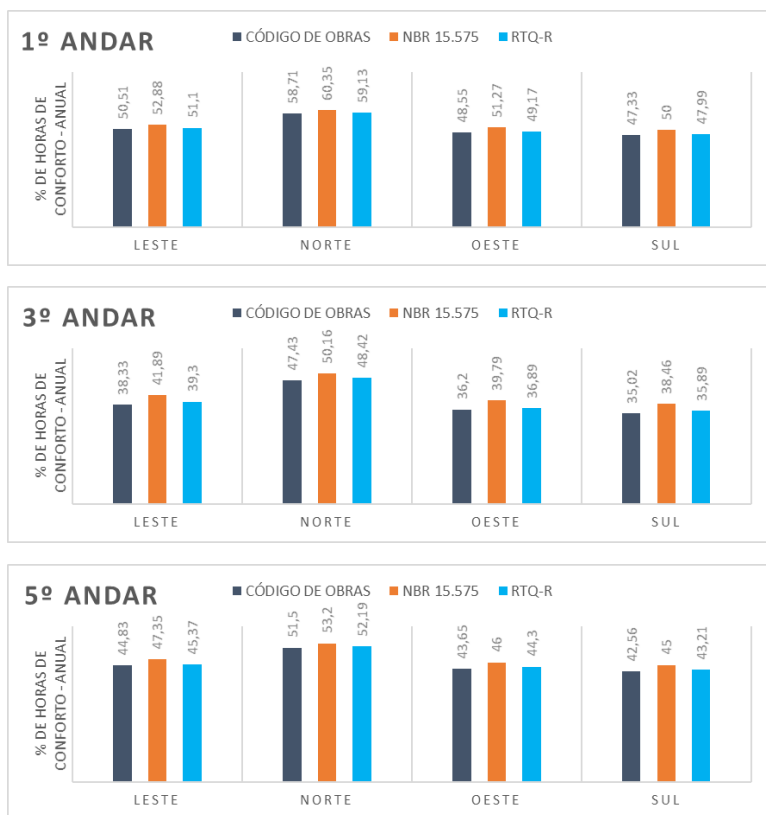


Fonte: os autores.

Observa-se que, dentre as legislações, o Código de Obras de Vitória foi a que apresentou os piores resultados. Isso ocorre em decorrência de sua relação entre área de iluminação e de ventilação. O código, ao exigir que apenas metade da janela seja usada para ventilação, obtém resultados de conforto inferiores aos proporcionados pela NBR 15.575, que apresenta dimensões de janela menores do que o Código de Obras, mas possui 100% de sua área para ventilação. O RTQ-R obteve os melhores resultados dentre as três normativas, por possuir área de janela tão grande, quanto à legislação municipal, mas maior área para ventilação. O Galapagos otimizou o desempenho térmico das janelas em todas as situações ao aumentar a área das janelas, mantendo-as 100% disponíveis para ventilação e inserindo dispositivos sombreadores.

A análise dos resultados para o sistema do edifício demonstrou que no percentual de tempo de conforto nos cômodos, proporcionado pelas janelas das legislações, o primeiro andar obteve os melhores valores para o conforto térmico (Gráfico 2). Isso ocorreu em decorrência do pilotis possibilitar ventilação contínua na base do pavimento. Salienta-se que não foram obtidos resultados com as simulações do Galapagos para esse modelo.

Gráfico 2 – Conforto adaptativo anual no edifício segundo a ASHRAE 55



Fonte: os autores.

A sensação de desconforto térmico no interior das edificações residenciais naturalmente ventiladas pode ser amenizada com a escolha adequada de janelas termicamente eficientes. Isso vai contribuir com a redução no consumo de energia gasta com climatização artificial para se chegar ao conforto, o que se constitui numa ação de combate às mudanças climáticas.

A inserção de uma simulação na fase inicial de projeto é uma mudança na maneira como os arquitetos estruturam a sua concepção

de projeto. A tomada de decisões por meio do sistema generativo também se constitui em uma mudança dessa concepção, dado que as escolhas feitas pelos profissionais serão pautadas nos resultados de desempenho previamente simulados.

A simulação foi feita especificamente para o ambiente de estudo do trabalho, com suas características climáticas, de ocupação e de comportamento dos usuários definidas. Mudanças nesses itens vão gerar diferentes dados de saída no sistema, resultando em modelos diferentes de janela. Afirmando-se, portanto, que as tipologias obtidas neste estudo são recomendadas para o contexto analisado, não sendo, necessariamente, capazes de otimizar o desempenho de edificações submetidas a outros contextos.

Como sugestões para avanço e complementação da pesquisa, cita-se novas formas de montar o sistema, reduzindo o tempo gasto para simular edifícios com muitas zonas e, portanto, viabilizando a sua aplicação. A aplicação dos sistemas em outras cidades do Brasil pode gerar um perfil de esquadrrias e dispositivos sombreadores capazes de otimizar o desempenho da edificação, particularmente útil como diretriz para legislações vigentes no território nacional.

REFERENCIAL

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. *ANSI/ASHRAE Standard 55-2013: Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta: [s. n.], 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15575-4: Edificações habitacionais – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas*. Rio de Janeiro, 2013.

GLOBAL ALLIANCE FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION. *Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction*

sector. Global Status Report 2017. [S. l: s. n.], 2017. Disponível em: [https://www.worldgbc.org/sites/default/files/UNEP_188_GABC_en %28web%29.pdf](https://www.worldgbc.org/sites/default/files/UNEP_188_GABC_en%28web%29.pdf). Acesso em: jul. 2020.

INMETRO. *Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais*. [S. l.], 2012. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/RTQR.pdf>. Acesso em: jul. 2020.

Capítulo 19

Economia de energia com janelas mais eficientes²³

Edna Aparecida Nico Rodrigues

Filipe Galina Costalonga

Bruna Perovano Sirtuli

Cristina Engel de Alvarez

23 Link da publicação original: COSTALONGA, Filipe Galina *et al.* Economia de energia em edifícios multi-familiares utilizando diferentes modelos de janelas em Vitória-ES. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2017, Balneário Camboriú. *Anais [...]*. Balneário Camboriú: [s. n.], 2017. Disponível em: <http://civil.uminho.pt/urbanere/wp-content/uploads/2018/05/E25-XIV-ENCAC.pdf>

O aumento mundial da urbanização, intensificado principalmente pelo aumento da população nas cidades, desencadeia desafios para o desenvolvimento sustentável. As projeções para 2050 das Nações Unidas demonstram que a urbanização, associada ao crescimento populacional, poderá trazer 2,5 bilhões de pessoas para as cidades (UNITED NATIONS, 2014). Esse crescimento urbano, entre outros fatores, influencia nas características internas dos ambientes, que resulta na necessidade do uso de sistemas mecânicos de refrigeração ou de aquecimento.

No Brasil, de acordo com o Balanço Energético Nacional, ano base 2015 (BEN, 2016), os setores residencial, comercial e público consumiram 13% do total de energia produzida e 43% do total produzido de eletricidade, mesmo havendo uma redução de 2,1% em relação a 2014 (RESENHA MENSAL DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2016). A economia no consumo de energia nesse período ocorreu, provavelmente e entre outros fatores, em função das medidas adotadas pelo Procel, que investe em projetos e tecnologias certificando equipamentos com melhores níveis de eficiência energética.

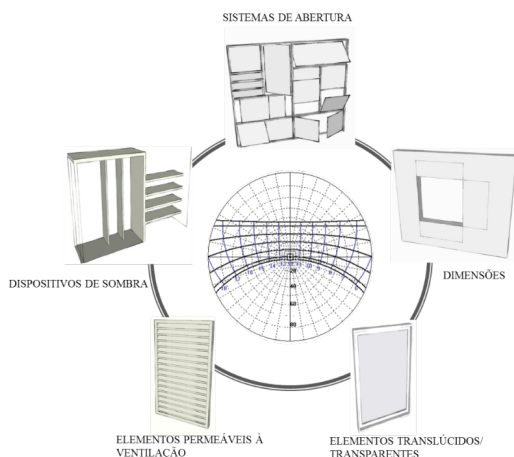
Ressalta-se que na pesquisa sobre posse de equipamentos e hábitos de uso, ano base 2005, o setor residencial registrou que, dentre os equipamentos de maior consumo de eletricidade, estavam o condicionador de ar, responsável por 20%, a geladeira com 22% e o chuveiro elétrico com 24% (ELETROBRÁS, 2007). Além disso, as pessoas passam entre 80% e 90% de suas vidas em ambientes fechados, sendo indiscutível a busca de soluções para melhoria do conforto ambiental com o mínimo consumo energético.

O uso da ventilação natural em edificações é empregado desde os tempos antigos e tem sido ignorado em muitas das construções modernas, pelo advento dos sistemas de condicionamento artificial. No entanto, a utilização da ventilação natural pode amenizar os efeitos negativos do uso do ar-condicionado, visto sua influência diretamente na saúde, na produtividade e no bem-estar geral dos ocupantes. Pesquisas comprovam que o uso de janelas que permitem a

ventilação noturna, com segurança, amenizam as condições térmicas nos ambientes, influenciando no consumo de energia, e que podem reduzir em até 40% o consumo de um edifício, sendo de fundamental importância para as regiões de clima tropical.

Assim, janelas com elementos permeáveis, dispositivos de sombra, dimensões adequadas, localização favorável, visualidade, diferentes sistemas de aberturas e, principalmente, a condição de operabilidade pelo usuário (Figura 1), são fatores essenciais para a obtenção de economia de energia, nas condições climáticas semelhantes à da cidade de Vitória.

Figura 1 – Elementos da janela



Fonte: os autores.

Observou-se que as janelas das edificações residenciais multifamiliares da cidade de Vitória, corresponde em sua totalidade, ao modelo que não possui os elementos mencionados acima, corresponde a uma janela com utilização de caixilho em alumínio e folha em vidro, no sistema de abertura de correr – M1 (Figura 2), não sendo favorável a obtenção de condições de conforto. Determinou-se um comparativo

entre esse modelo (M1) mais utilizado nos edifícios residências em Vitória e um modelo de janela com os elementos mencionados na Figura 1, ou seja, caixilho em alumínio, sistema de abertura de correr com duas folhas e outro sistema de abertura com persiana projetante – M2, objetivando analisar o desempenho térmico do ambiente com o uso da ventilação natural e posterior consumo de energia (caso seja necessário o uso do ar-condicionado) para manter o ambiente confortável, nas horas do dia em que não obtiveram as condições favoráveis de conforto determinada pelas normativas brasileiras e internacionais.

Analisou-se o uso dos modelos de janelas M1 e M2 em um quarto para duas pessoas, com rotina de abertura das janelas, as quais são abertas com pessoas utilizando o ambiente e fechadas sem ninguém no quarto. O M2, por possuir persiana, manteve-se fechada a persiana, porém com possibilidade de ventilar no período noturno. A avaliação foi feita por simulação, para o período do verão, sendo este o mais quente e que necessitaria do uso do ar-condicionado para a obtenção do conforto.

Figura 2 – Modelos de janelas analisadas

M1



M2

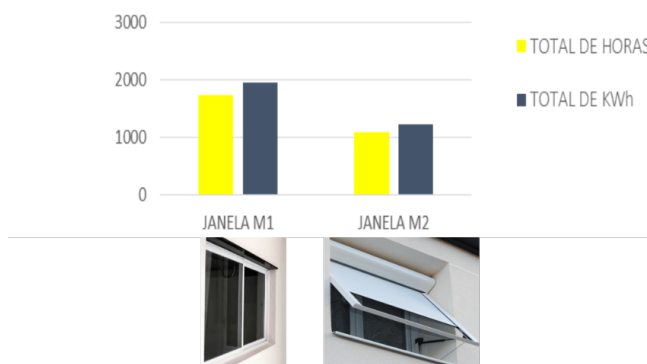


Fonte: os autores.

As avaliações referentes ao desempenho térmico dos dois modelos de janelas, M1 e M2, durante os meses de verão, para apenas um dormitório, demonstrou que há economia de energia, quando se utiliza

de modelos de janelas que permitem a ventilação natural e o sombreamento das áreas envidraçadas. Os resultados demonstraram, no comparativo entre os dois modelos de janelas para o período do verão, que no mês de dezembro o modelo M2 proporcionou uma diminuição de 31 horas em desconforto (considerando apenas 11 dias, de 21 a 31 de dezembro), quando comparado com o modelo M1. No mês de janeiro (considerando 30 dias), a economia foi de 99,16 horas. Em fevereiro (considerando 28 dias), houve uma redução de 264,42 horas no desconforto térmico. Durante o mês de março (considerando 21 dias), obteve-se 236,17 horas de redução no desconforto térmico. O modelo M1 totalizou 1731,34 horas em desconforto térmico no período do verão, o que implicou em um consumo de 1947,76 kWh para manter a temperatura de conforto, com o uso do ar-condicionado. Por sua vez, o modelo M2 totalizou 1100,32 horas em desconforto térmico, resultando no consumo de 1237,86 kWh de energia com o uso do condicionador de ar (Figura 3).

Figura 3 – Quantidade de horas em desconforto e consumo de Kwh para uso do ar-condicionado

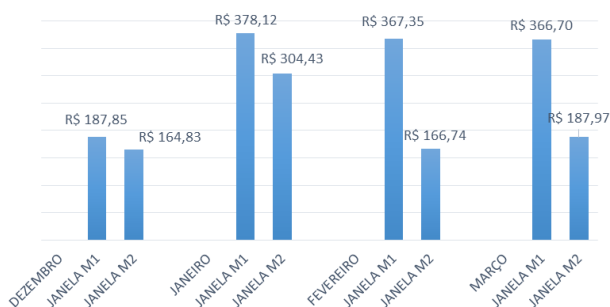


Fonte: os autores.

Os dados demonstraram que a diferença de valores monetários gastos com a conta de energia elétrica (considerando impostos, ano base 2017) para cada modelo de janela demonstrou que a utilização do

modelo M2, que possibilita a ventilação permanente e o sombreamento das áreas envidraçadas, foi indiscutivelmente mais eficiente do que o modelo M1. Considerando o M2 em relação ao M1, durante os 11 dias avaliados no mês de dezembro, a economia foi de R\$23,02. Para o mês de janeiro, durante os 31 dias, obteve-se uma economia de R\$73,69. O mês de fevereiro demonstrou o melhor resultado, R\$200,61 de economia em relação ao M1. Para os 21 dias analisados no mês de março, a janela M2 proporcionou uma economia de R\$178,73. Ao longo dos 91 dias simulados, o uso da janela M1 gerou um gasto de R\$1.300,02 com o uso do aparelho de condicionador de ar. Por sua vez, com o uso da janela M2 foram gastos R\$823,97, no mesmo período de tempo (Figura 4).

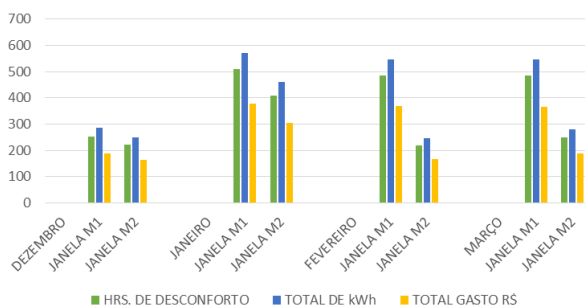
Figura 4 – Valores monetários para o uso do ar-condicionado nas horas em que não houve conforto térmico



Fonte: os autores.

A melhoria proporcionada pelo modelo M2 representou 631,02 horas a menos em desconforto térmico ao longo dos meses do verão, o que resultou em 36,44% de economia de energia, que significa uma diferença de R\$476,05, somente para os 91 dias simulados. Os resultados obtidos reafirmam a necessidade do sombreamento nas janelas e, principalmente, a ventilação constante, fatores essenciais para a redução da quantidade de energia necessária para resfriar o ambiente simulado (Figura 5).

Figura 5 – Comparativo entre os modelos de janelas, em relação às horas em desconforto, consumo de Kwh e gastos com o uso do ar-condicionado



Fonte: os autores.

A ventilação natural é um dos condicionantes climáticos que mais influenciam no desempenho energético nas edificações localizadas em regiões tropicais, principalmente quando as condições para o seu uso são favoráveis e descritas como diretrizes nas normas de desempenho. Observou-se que o uso adequado de modelos de janelas que permite a ventilação natural internamente auxilia no melhor desempenho do edifício. Somado às estratégias passivas, ressalta-se que as ações adaptativas utilizadas pelos usuários são atitudes que auxiliam na melhoria das sensações térmicas, resultando na aceitação de temperaturas de conforto mais elevadas.

A partir dos resultados, concluiu-se que a janela sem proteção das áreas envidraçadas e sem componente que permite a ventilação natural permanente não é adequada e resulta em um desempenho ruim para o conforto térmico, indicando ambientes com a necessidade de uso de refrigeração mecânica, elevando, assim, o consumo de energia. As diretrizes descritas nas normas de desempenho, NBR 15.220 e ASHARE, registram a necessidade do uso da ventilação natural, bem como janelas com dispositivos que permitem sua influência no ambiente, objetivando principalmente a diminuição do consumo de energia. Os resultados demonstraram que o modelo adequado de

janela (M2) permitiu economia financeira, proporcionado pela redução no uso de condicionadores de ar para obtenção da temperatura de conforto, quando comparado ao modelo de janela mais usual na cidade de Vitória, como demonstra na Figura 6.

Figura 6 – Síntese dos resultados obtidos com os dois modelos de janelas

QUADRO RESUMO					
		Modelos	Horas em desconforto	Consumo de Kwh	Valores (referência 2017)
Período do verão ambiente dormitório		M1			
			1731,34 horas	1947,76 Kwh	R\$1.300,02
		M2			
			1100,32 horas	1237,86 Kwh	R\$823,97

Fonte: os autores.

REFERÊNCIAS

B–N - BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. *Relatório final 2016: ano base 2015*. [S. l.], 2016.

ELETROBRÁS. *Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, ano base 2005: Classe Residencial Relatório Sudeste*. Rio de Janeiro: Eletrobras: Procel, 2007. 181 p.

RESENHA MENSAL DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA. *Consumo de eletricidade recua 2,1% em 2015*. Ano IX, n. 100, jan. 2016.

UNITED NATIONS. *World Urbanization Prospects*. [S. l.], 2014.

Urbano

Capítulo 20

Distribuição espacial de potenciais usuários de bicicleta no deslocamento para o trabalho em Vitória²⁴

Malena Ramos Silva

24 Link da publicação original: SIVA, Malena Ramos. *Mobilidade pendular para o trabalho com o uso da bicicleta em Vitória/ES: perfil e distribuição espacial de potenciais usuários*. 2020. 125f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2020. Disponível em: <https://lpp.ufes.br/mobilidade-pendular-para-o-trabalho-com-o-uso-da-bicicleta-em-vitoriaes-perfil-e-distribuicao>.

A mobilidade pendular²⁵ é uma das dimensões dos processos de deslocamento da população no território e compreende os deslocamentos realizados entre os locais de residência e os locais de trabalho ou de estudo. Na maioria das vezes, envolvem deslocamentos entre regiões e estados, com origem e destino em municípios diferentes, mas também podem ser realizados de um bairro a outro do mesmo município.

Nas últimas décadas, a bicicleta tem voltado à cena como uma opção da população para os deslocamentos urbanos, em específico os deslocamentos pendulares, como uma ferramenta para que as cidades adquiram melhor distribuição na realização das viagens. No entanto, nem sempre são consideradas as características socioespaciais próprias, a localização das oportunidades e dos locais de moradia como elementos centrais para o planejamento dos investimentos. Nesse sentido, objetivou correlacionar a infraestrutura ciclovária com a distribuição espacial de potenciais usuários de bicicleta, sob a ótica de movimentos pendulares, com deslocamento para o trabalho no município de Vitória-ES.

Para tanto, foram identificadas as características da população que geralmente têm aderido à bicicleta como meio de transporte em seus deslocamentos diários, importante informação no momento de propor planos e investimentos na área. Foram analisadas diversas pesquisas direcionadas a usuários de bicicleta em cidades do Brasil, Argentina e Colômbia, apresentando a rotina e as características dos usuários. A partir de características sociodemográficas, analisadas em pesquisas anteriores, foram elencadas quatro variáveis que tem relação direta com questões sobre mobilidade e empregadas no Método de Análise Hierárquica (AHP), sendo: 1) nível de instrução/alfabetização; 2) sexo;

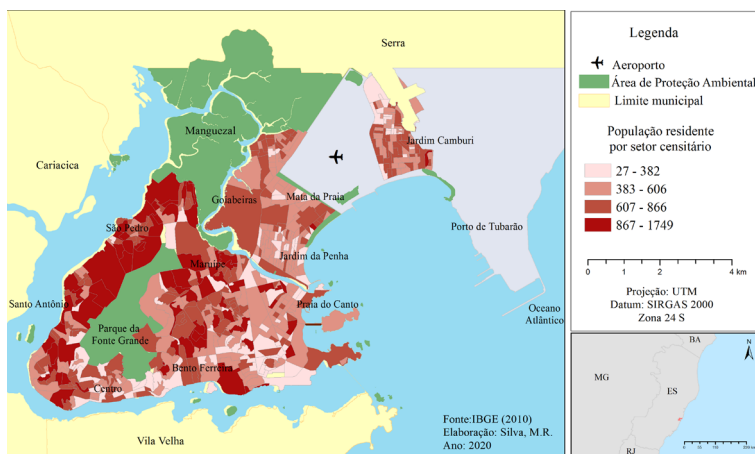
25 Os movimentos pendulares são analisados por pesquisas no Brasil desde a década de 1970, principalmente em razão da demanda por definições das regiões metropolitanas (OJIMA, 2007). Porém, somente no Censo Demográfico de 2010, a informação se tornou mais detalhada, a partir da separação dos deslocamentos para trabalho e estudo, além de elementos adicionais, como o tempo do deslocamento entre casa e o trabalho para todas as pessoas ocupadas.

3) idade e 4) renda, variáveis que estão presentes nos dados censitários do município de Vitória para geração do mapa final.

A área objeto de estudo, o município de Vitória, capital do Estado do Espírito Santo, é 100% urbana. O município está caracterizado como um importante centro comercial da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), composta pelos municípios: Vitória, Vila Velha, Cariacica, Serra, Viana, Fundão e Guarapari.

O território de Vitória é caracterizado por uma ilha principal e uma porção continental totalizando 86,3 km² de área. A Figura 1 apresenta o total da população residente por setor censitário, em Vitória, no ano de 2010, revelando na região leste do município uma menor concentração de pessoas, com a renda mais alta, entre 13 a 51 salários-mínimos (IBGE, 2010), essa região ainda se destaca pelas diversas funções, comercial, de serviço e residencial (GOMES, 2009) e os maiores investimentos públicos voltados para mobilidade, lazer e outros. Já na região oeste município, há o predomínio de pessoas de menor renda e a existência de equipamentos residenciais caracterizados em sua maioria pelas autoconstruções.

Figura 1 – População residente por setor censitário, em 2010

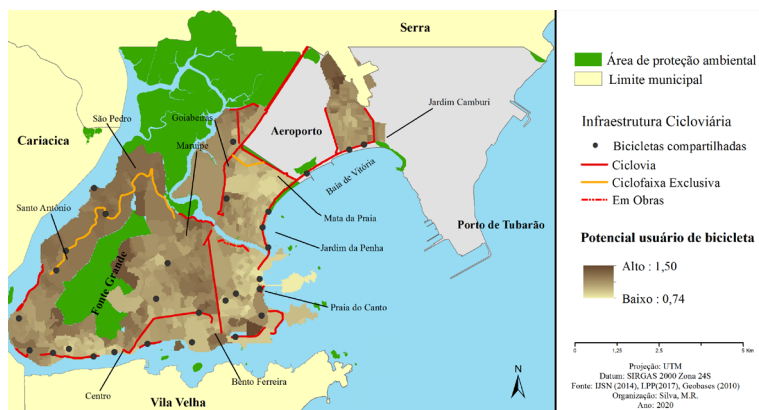


Fonte: a autora.

A partir do método AHP foi feita uma análise multicritério das variáveis mencionadas, chegando-se a um indicador apresentando o potencial de cada setor censitário em ter residentes que poderiam usar a bicicleta para trabalhar. Esse indicador foi espacializado e pode ser visualizado na Figura 2, em que se observa a distribuição espacial de potenciais usuários de bicicleta, ou seja, os setores censitários que concentram mais pessoas com possibilidade para usar esse veículo, destacados pelas tonalidades de marrom escuro (1,50) com alto potencial ao marrom claro com baixo potencial (0,73), resultantes da avaliação conjunta das variáveis: nível de instrução/alfabetização (peso 4,9); sexo (13,4); idade (25,2) e renda (peso 56,5), por meio da álgebra de mapas, que atribuiu os pesos de importância para cada um desses elementos.

O mapa evidencia que nos bairros que se estendem pela região noroeste do município — Santo Antônio, São Pedro, Maruípe, Goia-beiras e outros — estão localizados os setores censitários com maior número de potenciais usuários. São nessas áreas que também se concentram as pessoas com menor renda, além de pouco nível de instrução. Ressalta-se que a renda baixa impõe aos indivíduos pouco acesso aos equipamentos urbanos e espaços de lazer, altos custos das tarifas em relação aos baixos salários e as preocupações com as diversas formas de violência urbana. Nesse sentido, o uso de um veículo que possibilite reduzir os gastos com tarifas de transportes e, ao mesmo tempo, diminuir o tempo de deslocamento de casa ao trabalho pode representar uma alternativa para driblar os constrangimentos relacionados à mobilidade.

Figura 2 – Correlação infraestrutura ciclovária e potenciais usuários de bicicleta



Fonte: a autora.

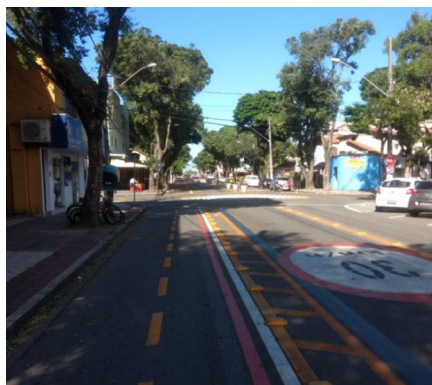
Percebe-se, em geral, que há uma diferenciação entre as áreas de moradia e as áreas de oportunidades de emprego. Na medida em que o local de residência se aproxima dos centros principais, as condições de mobilidade — infraestrutura, tempo de deslocamento, maior oferta de serviços e equipamentos urbanos — melhoram, e na medida em que se afasta, piores se tornam essas condições. Consequentemente, as diferentes faixas de renda têm acesso diferenciado aos meios de transporte, sendo que as menos favorecidas têm opções reduzidas.

Pesquisas destacam que a região oeste da ilha passou a sofrer grandes intervenções públicas na década de 90, com a instalação de serviços de saúde, educação e saneamento, possibilitando ganhos na melhoria das condições de vida e redução na mortalidade infantil. No entanto, outras pesquisas ressaltam que essas áreas continuaram a ser menos providas de estabelecimentos de comércio e serviços, evidenciando a desigualdade socioeconômica e do uso do solo por meio da distribuição irregular das atividades econômicas. A região oeste é caracterizada por autoconstruções, calçadas irregulares e, muitas vezes, inexistentes, além da ciclofaixa exclusiva estar implantada em trechos com declividade.

O oposto pode ser verificado na região leste e sudeste, que compreende os bairros Praia do Canto, Mata da Praia, Orla da Praia, Bento Ferreira, Ilha do Frade e outros: é nessa área que estão concentrados os indivíduos de maior poder aquisitivo, alfabetizados e com faixa etária acima de 64 anos. Ou seja, pode-se considerar que essa população está fora das características associadas a um potencial usuário de bicicleta.

Na região leste, considerada central, as vias de circulação costumam ter melhor sinalização e são mais largas, isso contribui na redução do tempo e nas distâncias entre os locais de moradia e trabalho. Verificou-se que a ciclofaixa exclusiva implantada está em uma área em que a velocidade para os demais veículos foi reduzida, plana e bem sinalizada (Figura 3). Além disso, os equipamentos urbanos são melhor administrados, devido aos cuidados direcionados ao uso do solo.

Figura 3 – Ciclofaixa exclusiva na região leste do município



Fonte: a autora.

É evidente que na região leste e sudeste de Vitória há uma maior disponibilidade de ciclovias e estações de bicicletas compartilhadas distribuídas de forma homogênea, caracterizando que se trata de

um local privilegiado, devido ao direcionamento dos investimentos públicos para essa área.

No entanto, a infraestrutura cicloviária disponível na região noroeste não é suficiente para atender a demanda de potenciais usuários, que é alta. A infraestrutura existente, além de descontínua, apresenta ao longo de sua extensão declividades, estacionamentos, pontos de ônibus, automóveis e pedestres, dificultando o deslocamento com a bicicleta. Nessa área, a sinalização é insuficiente, o que reduz a sensação de segurança e as chances de um indivíduo optar pela bicicleta no deslocamento pendular para o trabalho. Pode-se inferir que a infraestrutura cicloviária existente no município de Vitória-ES se estende pelas áreas, buscando atender principalmente às atividades turísticas e de lazer, o que torna claro o favoritismo por parte do Poder Público em investir nas áreas com maior potencial turístico, atendendo a demanda em áreas que há maior concentração de renda e que, como apresentado na Figura 2, possui menor concentração de residentes com potencial para utilizar a bicicleta para deslocamentos para o trabalho.

Esse fato não é isolado. Estudos analisados mostram que no município de São Paulo a infraestrutura cicloviária não está apenas em bairros com densidades populacionais mais altas, como sugerido pelas diretrizes de planejamento, mas também em bairros de classe alta e com maior número de pessoas brancas e com alto nível de instrução. Além de possuírem melhor qualidade de vida, essas áreas têm mais espaços verdes e, consequentemente, temperaturas mais agradáveis e pesquisas comprovam que esses bairros apresentam menores índices de criminalidade, bem como melhor acesso a serviços e equipamentos urbanos. As ações de planejamento devem ser focadas preponderantemente nas necessidades diárias, as que afetam a maior parte da população, principalmente as áreas que apresentam alto potencial de usuários, seja de bicicleta, ônibus ou os demais modais.

Uma das conclusões que as análises realizadas permitiu diz respeito à diferenciação na caracterização da população, segundo o local

de residência e as oportunidades disponíveis. Considerando a distribuição espacial da população captada pelo Censo Demográfico de 2010, os potenciais usuários de bicicletas se encontram em áreas menos servidas de equipamentos urbanos e infraestrutura cicloviária. Essa diferença precisa ser considerada no momento de pensar, elaborar e avaliar as políticas públicas, inclusive as de transporte.

Portanto, é possível afirmar que a infraestrutura cicloviária existente em Vitória-ES não atende a todos os indivíduos, visto que a grande maioria da infraestrutura cicloviária está localizada em áreas privilegiadas do município, onde moram pessoas de renda mais alta, maior escolaridade e fora da faixa etária da população em idade ativa.

Capítulo 21

Identificação de fatores para promoção da mobilidade por bicicleta no Campus Goiabeiras – UFES²⁶

Renata Cerqueira do Nascimento Salvalaio

Malena Ramos Silva

Jordano Francesco Gagno Brito

Cristina Engel de Alvarez

26 Link da publicação original: SALVALAIO, Renata *et al.* 21 IDENTIFICAÇÃO DE FATORES PARA PROMOÇÃO DA MOBILIDADE POR BICICLETA NO CAMPUS GOIABEIRAS – UFES. In: Sustentabilidade Urbana 14ª Jornada Urbenere e 2ª Jornada Cires, 2018, v. 2, Vila Velha. *Anais [...]*. Vila Velha: [s. n.], 2018. Disponível em: <https://nvdjjwjs2pz3uphn0y3dmq.on.drv.tw/ciresurbenere/>

As questões relacionadas à mobilidade apresentam-se como um grande desafio nas cidades contemporâneas, onde a tendência na ampliação das distâncias entre os serviços disponíveis, trabalho e moradia demandam incremento no transporte público e demais formas de deslocamento. Ao mesmo tempo, a mobilidade também está relacionada às condições socioeconômicas e físicas das pessoas. Nesse sentido, fatores como idade, renda, sexo, escolaridade e necessidades pessoais são agentes que influenciam na decisão do indivíduo ao movimentar-se no espaço.

De modo geral, observa-se nas cidades brasileiras uma priorização de investimentos no transporte individual em detrimento do coletivo, assim como uma quase negligência, quando se trata de definir políticas públicas para os meios não motorizados. A opção pelo automóvel, que parecia ser uma resposta eficiente do século XX à necessidade de circulação, levou a consequências inesperadas, tais como grandes congestionamentos, culminando em grande perda de tempo e custos elevados.

Nessa perspectiva, diversas cidades já começaram a reconsiderar a forma como planejam seus espaços, tomando medidas que priorizam o transporte não motorizado. Pesquisa destaca que, até há pouco tempo, o planejamento urbano tradicional desconsiderava essa modalidade. Nesse debate, ganha evidência a competência norteadora do Poder Público, especialmente o municipal, para que o transporte não motorizado ganhe espaço na agenda urbana. Do ponto de vista urbanístico, o uso do veículo não motorizado nas cidades — em especial, a bicicleta — reduz o nível de ruído no sistema viário e contribui para a composição de ambientes mais agradáveis, saudáveis e limpos.

Muito embora a gestão da mobilidade seja prioritariamente uma ação do Poder Público Municipal, muitas universidades têm buscado incentivar o uso de modos sustentáveis para o deslocamento diário de sua comunidade interna. Os *campi* universitários, de maneira geral, possuem características próprias de Polos Geradores de Viagem (PGV), considerando a sua capacidade em atrair grande demanda de pessoas, de forma regular e frequente.

Nesse sentido, a Universidade Federal do Espírito Santo, por meio do Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP/Ufes), desenvolveu em 2018 um estudo sobre a mobilidade no *campus* Goiabeiras, em Vitória-ES, realizando um diagnóstico sobre a situação em relação aos meios de transporte mais utilizados pela comunidade acadêmica e a infraestrutura existente. A pesquisa buscou, ainda, traçar o perfil do usuário e identificar os motivos que estimulam ou desencorajam o uso do transporte não motorizado nos percursos diários. Partiu-se do entendimento que a compreensão dos fatores que contribuem para o uso da bicicleta pode auxiliar na definição de estratégias não apenas para aumentar o número de adeptos, mas também para intensificar esse comportamento em pessoas que já a utilizam esporadicamente. Para tanto, seu desenvolvimento foi dividido em quatro etapas, conforme a seguir detalhado:

1) Análise de referenciais em outras cidades de médio porte.

A pesquisa analisou 9 cidades de médio porte, sendo 4 (quatro) brasileiras, 2 (duas) latino-americanas e 3 (três) europeias. Os estudos permitiram lidar com uma ampla variedade de evidências, que possibilitaram a descoberta de estratégias úteis e norteadoras de novas propostas.

2) Aferição do comportamento do usuário com a aplicação de questionários. Reconhecer os padrões de deslocamento e comportamentais dos usuários, permitindo entender os aspectos relativos ao tipo de modal utilizado e os motivos dessa escolha. Foi elaborado um questionário com 11 (onze) questões objetivas e uma discursiva, para ser respondido de maneira não assistida com uma ferramenta on-line, disponibilizada pelo Núcleo de Tecnologia da Informação da Ufes (NTI). Estruturou-se a pesquisa em duas partes: a primeira contendo perguntas pessoais, que auxiliam a traçar o perfil do usuário e funcionam como “filtros” na tabulação e interpretação dos dados, e uma segunda voltada para a avaliação do usuário em relação aos deslocamentos, acessos, condições do percurso e também de utilização das principais edificações do *campus*.

As informações mais relevantes para o desenvolvimento do plano de ação foram obtidas entre os usuários de veículo motorizado

(carro, moto e ônibus), pois indicam os principais impedimentos encontrados e sinalizam possíveis soluções para esses problemas. As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados obtidos com os questionários.

Tabela 1 – Motivos para não utilizar a bicicleta

Marque os três principais aspectos que justifiquem por que não usa a bicicleta ou anda a pé no trajeto para a UFES.	Frequência	%
Percurso muito longo	1.839	27,47
Sensação de insegurança;	1.178	17,60
Tempo do percurso	922	13,77
Não possui bicicleta;	665	9,93
Precisa realizar outras atividades antes e/ou depois de sair do campus.	650	9,71
Geografia (topografia, clima, vento...);	466	6,96
Outro motivo.	356	5,32
Falta de conforto;	319	4,77
Má educação da população;	253	3,78
Possui limitação física;	46	0,69

Fonte: os autores.

Tabela 2 – Fatores que colaborariam para usar a bicicleta

Quais são os três principais fatores que colaborariam para usar a bicicleta ou andar a pé no trajeto para a UFES?	Frequência	%
Existência de ciclovias/ciclofaixas;	1.879	24,64
Existência de bicicletários/paraciclos;	933	12,24
Existência de sinalização adequada;	911	11,95
Existência de iluminação adequada;	892	11,70
Existência de vestiários;	856	11,23
Melhor qualidade da pavimentação;	797	10,45
Outro	756	9,91
Existência de áreas cobertas/sombra;	480	6,30
Existência de guias rebaixadas/piso tátil;	121	1,59

Fonte: os autores.

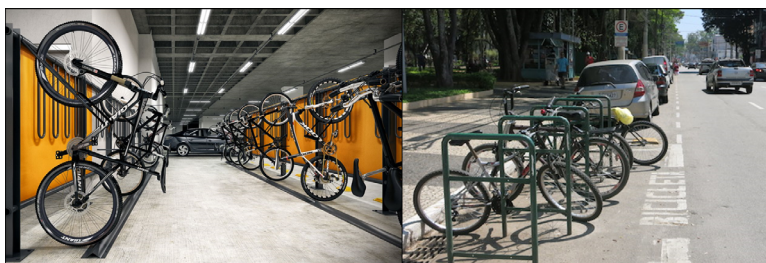
Os resultados demonstraram, entre outras coisas, que a existência de infraestrutura adequada é um fator relevante na tomada de decisão, especialmente a criação de espaço reservado para a circulação de bicicletas.

3) Levantamento e análise da malha cicloviária existente.

Para que a bicicleta se torne viável enquanto meio de transporte, é

necessário definir espaços adequados para a sua utilização. Um ciclista em potencial pode se dispor a utilizar a bicicleta como veículo, mas, ao se deparar com problemas — como a falta de local seguro para estacionar, por exemplo —, esse indivíduo poderá se sentir desestimulado. Nesse sentido, a infraestrutura necessária para manter o hábito de pedalar — além das vias de circulação — também envolve a instalação de vestiários, bicicletários e/ou paraciclos (Figura 1).

Figura 1 – Exemplos de estacionamentos de bicicletas



Fonte: os autores.

O desenvolvimento e implantação do Programa de Educação em Mobilidade com Incentivo ao Transporte Alternativo partiu da diretriz de que as soluções devem ser tomadas em todos os níveis — administração central, especialistas e usuários —, na busca por propostas que satisfaçam todas as partes e sejam adequadas aos objetivos propostos. Nesse sentido, foi de fundamental importância a consulta prévia à comunidade universitária e as reuniões da Comissão de Gestão dos Planos Diretores Físicos da Ufes, que funcionaram como instrumento balizador na tomada de decisões ao longo do processo. Foram elencadas as propostas a serem adotadas para dar andamento ao Programa, dentro de duas categorias: educação, motivação e marketing e novos produtos e serviços.

As ações no âmbito dos processos de comunicação estão entre as medidas mais importantes do Programa de Mobilidade, pois disponibilizam informação ao usuário sobre os modos de transporte não

motorizado e mobilidade urbana em geral, com foco na mobilidade sustentável. Dentro dessa perspectiva, foi desenvolvida pelo LPP, em parceria com a Proplan, Supecc e Prefeitura Universitária, a cartilha “De bike na Ufes”, distribuída na recepção dos calouros do primeiro semestre de 2018 e disponível *online* para *download* (Figura 2). Entre os objetivos da cartilha está o esclarecimento e conscientização dos usuários do *campus* sobre o compartilhamento de vias e a segurança no deslocamento. O material conta ainda com dicas para utilização e manutenção da bicicleta, funcionando como um guia do ciclista.

Figura 2 – Modelo de cartilha distribuída na Ufes

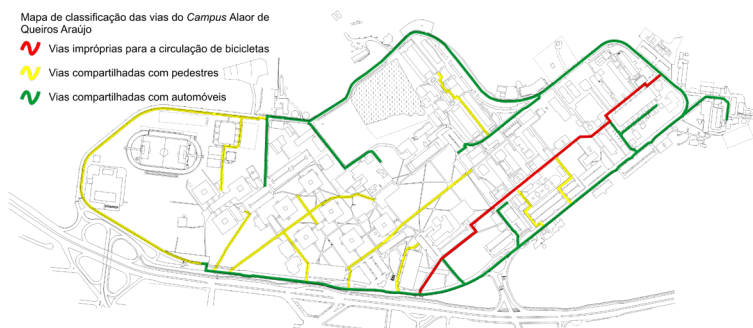


Fonte: os autores.

Paralelamente às ações de educação e motivação, para tornar o *campus* um espaço mais amigável aos modos de transporte não motorizados,

deve-se planejar, organizar e melhorar a infraestrutura para o aumento do uso desses modos, garantindo conforto e segurança aos usuários. Com esse objetivo, foram selecionadas algumas ações a serem implementadas no *campus* Goiabeiras, como: aumento na oferta de vagas de estacionamento, construção de vestiários com chuveiros, melhoria na sinalização, melhoria na rede cicloviária e incentivo à pesquisa (Figura 3).

Figura 3 – Mapa com propostas de utilização de vias



Fonte: os autores.

Considerando a crescente preocupação com problemas de mobilidade urbana causados pelo aumento da taxa de motorização nas cidades, investir no transporte alternativo parece ser a alternativa mais apropriada, especialmente para pequenas e médias distâncias. A utilização de veículos não motorizados como meio de transporte colabora com a própria saúde, com o meio ambiente e contribui para promover a saúde da população, além de ocupar menos espaço urbano e com a diminuição dos congestionamentos. Nesse panorama, as universidades públicas devem exercer seu papel de propagadoras da cultura do uso da bicicleta e da caminhada. Mas, para isso, precisam ser dotadas de infraestrutura adequada e implantar programas de educação e incentivo contínuo voltados à comunidade universitária.

Capítulo 22

O campo térmico do Distrito de Carapina – Serra-ES: estudo de caso em áreas litorâneas²⁷

Wemerson Diascanio Oliveira

27 Link da publicação original: OLIVEIRA, Wemerson Diascanio. *O campo térmico do distrito de Carapina-Serra/ES: estudo de caso em áreas litorâneas*. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/jspui/handle/10/10886>.

O crescimento das cidades trouxe consigo uma série de desafios, tanto de ordem socioeconômica, quanto de caráter ambiental. De maneira geral, o planejamento urbano não possui como prioridade assegurar a qualidade ambiental, podendo gerar, assim, sobrecarga nos recursos naturais e modificações na atmosfera local. Segundo pesquisas, o processo de urbanização altera as características da superfície, produz calor antropogênico e modifica a composição atmosférica, podendo imprimir às cidades um clima com características singulares ou, então, a formação Zonas Climáticas Locais (LCZ) no interior do meio urbano.

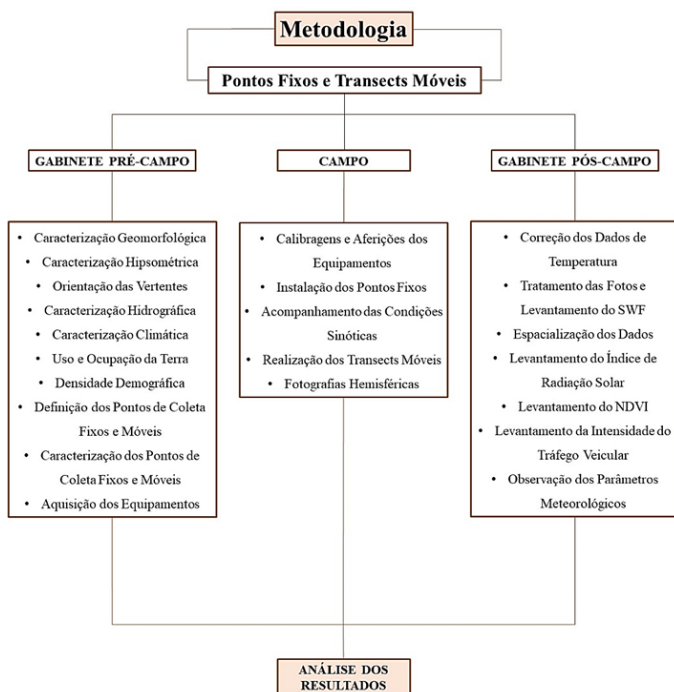
Para que a cidade possa ser ocupada e planejada de maneira que privilegie as questões ambientais e a sustentabilidade, é preciso que se tenha, *a priori*, conhecimentos acerca do comportamento de alguns dos elementos que caracterizam a condição singular da atmosfera urbana, dentre eles, a temperatura e a umidade atmosférica. Esses elementos climáticos são de suma importância, uma vez que podem interferir de maneira negativa na qualidade de vida das pessoas.

Nesse sentido, entendendo a importância socioeconômica do distrito de Carapina para o município de Serra, assim como para toda a Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) e observando o acelerado processo de urbanização experimentado pela região, caracterizado pela supressão de áreas verdes, aumento da massa edificada, ocupação de áreas de grande sensibilidade ambiental e falta de planejamento urbano adequado, este trabalho busca analisar se as mudanças nos padrões de uso e ocupação da terra e a intensificação das dinâmicas urbanas foram capazes de alterar as condições térmicas da área urbanizada do distrito de Carapina – Serra-ES, ao ponto de caracterizar a formação de ilhas de calor atmosféricas e/ou a existência de um clima urbano.

A proposta norteadora desta pesquisa é alicerçada no Sistema Clima Urbano desenvolvido por Monteiro na década de 70. Os procedimentos e técnicas utilizados neste estudo se pautaram nas pesquisas desenvolvidas no âmbito do Laboratório de Biogeografia e Climatologia da Universidade Federal de Viçosa (Bioclima), de acordo com as proposições de Fialho (2009 e 2012). Para o estudo do campo

térmico do distrito de Carapina, foi estabelecido etapas de gabinete e etapas de campo (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma metodológico



Fonte: o autor.

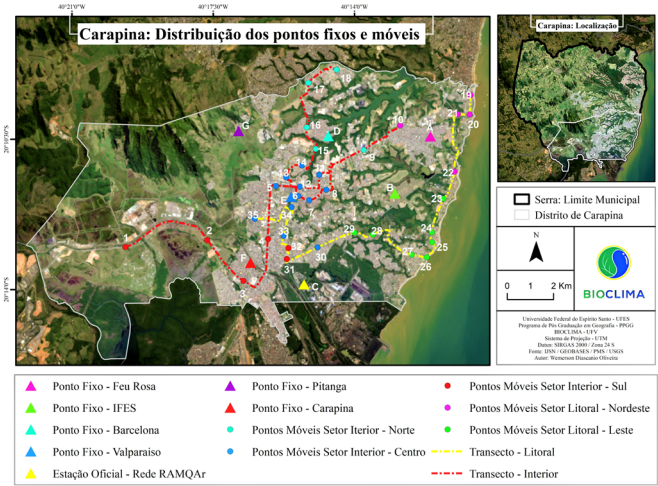
A escolha dos pontos de mensuração fixos e móveis buscou expressar os diferentes atributos do sítio no qual a cidade se assenta, a diversidade de funções e morfologias urbanas e o dinamismo da vida cidadina. Outra importante característica observada para a definição dos pontos de coleta foi a atuação dos ventos de brisa marítima e terrestre.

A partir desses aspectos, o distrito de Carapina foi dividido em cinco setores, sendo eles: Setor Litoral Nordeste, Setor Litoral Leste, Setor Interior Norte, Setor Interior Centro e Setor Interior Sul. Em cada setor, foi instalado um miniabrigo meteorológico equipado com *dataloggers* de registro automático. As estações fixas mensuraram os

valores de temperatura do ar a cada 1h00min ao longo das estações de inverno e verão. Além desses cinco, outro miniabrigo foi alocado no bairro Pitanga, localizado na porção interior do distrito.

Foram definidos também dois trajetos para a realização das mensurações móveis, com dados matutinas, vespertinas e noturnas, uma em situação sazonal de verão e outra de inverno, ambos sob atuação do sistema anticiclônico semifixo da América do Sul (Asas). O transect 1 (Transects Interior) atravessa a porção mais densamente urbanizada do distrito de Carapina. Seu trajeto inicia-se no extremo oeste do distrito e percorre toda sua área urbana no sentido norte-sul. Esse percurso possui 32,4 km de extensão e 18 pontos de coleta (ponto 1 ao 18). O transect 2 (Transect Litoral) cruza todo o litoral no sentido norte-sul e caminha no sentido leste-oeste para o interior da área urbana. Possui 20,7 km de extensão e 17 pontos de mensuração (Figura 2)

Figura 2 – Localização dos pontos fixos e móveis e trajetos dos transects interior e litoral



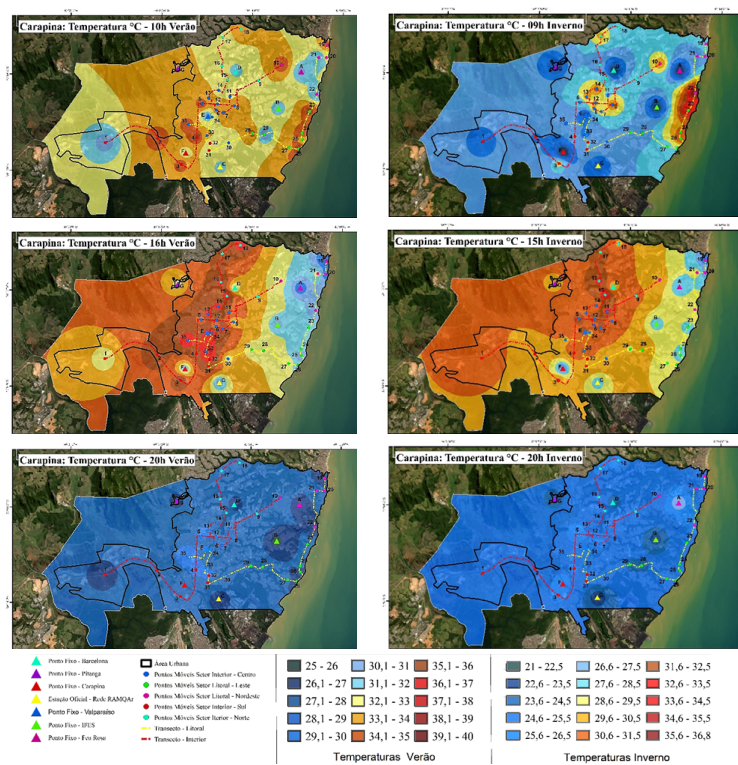
Fonte: o autor.

Nesta pesquisa, foi possível observar que as áreas urbanas não formam um todo homogêneo. O ambiente intraurbano possui

particularidades naturais e principalmente em relação ao processo de uso e ocupação da terra e suas dinâmicas. Essa complexidade presente nas cidades e em seus entornos reflete no comportamento dos elementos climáticos, podendo gerar respostas térmicas variadas, condicionadas pela associação de fatores de ordem geourbana e geológica.

No caso específico do distrito de Carapina, tanto em situação sazonal de verão, quanto de inverno, ambas sob atuação da Asas, foi possível notar tendência de aumento da temperatura partindo do litoral em direção ao interior do continente, especialmente nas coletas vespertinas e noturnas.

Figura 3 – Mapeamentos do campo térmico matutinos, vespertinos e noturnos em situação sazonal de verão e inverno



Fonte: o autor.

As maiores amplitudes térmicas diárias foram verificadas nas coletas de dados realizadas às 16h00min (verão) e 15h00min (inverno). O pico de calor de maior intensidade foi observado na coleta realizada às 16h00min (verão). Entre os pontos P33 (39,1°C) e P19 (28,1°C), a diferença de temperatura foi de 11,0°C. A ilha de calor noturna foi mais proeminente no inverno, sendo 2,5°C superior à formada no verão. De maneira geral, os pontos localizados na porção litorânea apresentaram temperaturas mais amenas em relação ao interior.

No verão, foi possível observar a formação de ilhas de calor forte magnitude às 9h00min (5,2°C), muito forte magnitude às 16h00min (11°C) e de fraca magnitude às 20h00min (2,9°C). Já no inverno, as ilhas de calor só foram observadas no período da tarde (15h00min – 8,2°C) e da noite (20h00min – 5,4°C). O diagnóstico confirmou que os aspectos construtivos das cidades, as distintas funções urbanas, a grande intensidade do tráfego veicular, a morfologia urbana, associados às características do relevo local, bem como à dinâmica de brisas marítimas, influenciam diretamente no comportamento térmico do ar, podendo gerar a formação de ilhas de calor atmosféricas.

Os valores de S.V.F. influenciaram diretamente no campo térmico do distrito, facilitando a entrada de radiação durante o dia e contribuindo para uma rápida dispersão do calor sensível ao anoitecer. A influência das dinâmicas e estruturas urbanas na conformação do campo térmico, resultando na formação de ilhas de calor de diferentes intensidades, sob atuação de determinados tipos de tempo e em momentos específicos do dia, ficou evidente nas análises diárias de verão e inverno. No entanto, este estudo não se mostrou suficiente para afirmar a existência de um clima urbano no distrito de Carapina, apesar das análises sazonais apontarem fortes indícios.

Capítulo 23

O ruído de tráfego automotor e os espaços públicos na cidade: estudo de caso em Vitória-ES²⁸

*Greicikelly Gaburro Paneto
Cristina Engel de Alvarez*

28 Link da publicação original: PANETO, Greicikelly Gaburro. *O ruído de tráfego automotor e os espaços públicos na cidade: estudo de caso em Vitória, ES*. 2016. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016. Disponível em: <https://lpp.ufes.br/o-ru%C3%A4do-de-tr%C3%A1fego-automotor-e-os-esp%C3%A7os-p%C3%BAblicos-na-cidade-estudo-de-caso-em-vit%C3%B3ria-es>.

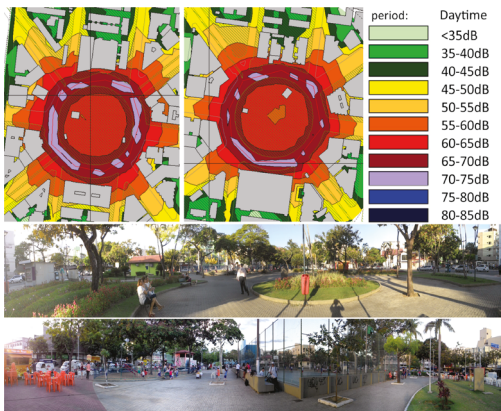
Ao se pensar em espaço público, mais especificamente em praças e parques urbanos, remetemo-nos à ideia de recreação, lazer e, muitas vezes, de saúde. Entretanto, tais áreas podem estar sujeitas a um fator de estresse importante e pouco percebido: a poluição sonora. Dentre as variáveis que compõem esse tipo de poluição, o ruído emitido pelos veículos automotores, destaca-se o incômodo causado em cidadãos, registrado em alguns centros urbanos, que influencia diretamente nas áreas em questão.

Questiona-se, então, o quanto tais espaços públicos estão expostos a altos níveis de ruído de tráfego e se a população percebe essa ocorrência, considerando os riscos à saúde a que está sujeita. Pressupõe-se, ainda, que áreas de vazios urbanos podem funcionar como espaços amenizadores desse ruído do tráfego, o que reafirmaria sua importância na malha urbana.

Visando validar a hipótese, realizou-se um estudo de caso em áreas selecionadas na porção continental da cidade de Vitória. Os estudos aprofundados sobre a temática descreveram os tipos de ruído observados nas ambiências urbanas, aspectos, grandezas físicas e descritores, abordando também boa parte da legislação aplicável, relacionando os resultados de pesquisas sobre ruído nos “cheios e vazios” da cidade e a evolução dos espaços livres públicos.

Definidos os critérios e a seleção das dez áreas a serem avaliadas na pesquisa, procedeu-se ao levantamento de dados, tais como: base digitalizada dos bairros avaliados, dados demográficos e a contagem e categorização de veículos para estabelecimento do volume de fluxo automotor. Nesse caso, foi feita contagem manual no horário entre 17h30 e 19h00 e realizado durante 15 minutos ininterruptamente, sendo o valor da contagem extrapolado para uma hora para inserção no software Predictor versão 8.11. Os níveis simulados foram, então, validados com sucesso, por meio de medições em campo, conforme ABNT NBR 10151/2000, com sonômetro Extech 407780, em todos os pontos de análise, considerando o mesmo horário e condições meteorológicas semelhantes nas simulações (Figura 1).

Figura 1 – Exemplo de simulação gráfica com escalonamento em cores e respectiva imagem do local



Fonte: as autoras.

Para a viabilidade do projeto das áreas selecionadas, somente cinco foram utilizadas na etapa de avaliação subjetiva, as quais foram sorteadas, com exceção da área considerada de controle (Figura 2).

Figura 2 – Áreas selecionadas para avaliação subjetiva



Fonte: as autoras.

Considerando como objetivo a identificação da influência das áreas livres na propagação do som, bem como o conforto dos usuários das áreas públicas abertas, adotou-se como parâmetro de análise o proposto pela norma brasileira que avalia a qualidade do meio ambiente urbano com relação aos níveis sonoros, a NBR 10151. As áreas avaliadas correspondem, dentro do escopo da norma, a áreas mistas com vocação recreacional, para as quais o nível sonoro equivalente L_{eq} não deve ultrapassar o valor de 65 dB(A), no período diurno, compreendido entre 7h00 e 22h00 (Quadro 1).

Quadro 2 – Níveis sonoros encontrados nas áreas pesquisadas, segundo a norma NBR 10151

PONTO	DESCRIÇÃO DO PONTO	LARGURA DA VIA (m)	FAIXA DE RUÍDO DA FONTE (dB)	FAIXA DE RUÍDO NO RECEPTOR (dB)
1	Orla de Camburi – Bairro Jardim da Penha	25	75-80	75-65
2	Praça Philogomiro Lannes – Bairro Jardim da Penha	10	65-70	60-65
3	Praça Regina Frigeri Furno – Bairro Jardim da Penha	10	65-70	60-65
4	Avenida Fernando Ferrari – Bairro Mata da Praia	25	75-80	55-40
9	Av. Isaac Lopes Rubim – Bairro Jardim Camburi	10	65-70	65-50

Fonte: as autoras.

Os níveis sonoros considerados foram constatados nas simulações e nas medições de campo que as validaram, para a faixa da fonte de ruído. Para caracterizar a emissão e desconsiderando a área de controle, observou-se a faixa imediatamente inferior que variou entre 60 e 75dB.

Simulando essas cinco áreas, foi possível observar que a maioria está sujeita a níveis de pressão sonora acima do recomendado pela

norma NBR 10151, o que, aliado à avaliação estatística dos questionários aplicados, levou a comprovação de que as áreas podem ser classificadas como acusticamente poluídas. Além disso, a maioria dos entrevistados percebe a existência de ruído, mas não parece se incomodar com ele e se adaptou ao desconforto resultante. Essa conclusão é preocupante, uma vez que o ruído constante representa, na verdade, um risco para a saúde pública que, muitas vezes, a população afetada desconhece. Em contrapartida, as áreas livres públicas, de fato, mostraram-se eficientes na atenuação do ruído de tráfego urbano, sendo reforçada sua importância.

Por fim, a pesquisa demonstrou a necessidade de uma ação dos órgãos de gestão urbana, no que tange à ampla divulgação da realidade acústica das cidades como medidas de promoção da conscientização da população, como já ocorre em diversos países.

Capítulo 24

Novas políticas habitacionais e velhos padrões para a localização da moradia na Cidade de Vitória²⁹

Indira Maria Reis Paes Landim

Cristina Engel de Alvarez

29 Link da publicação original: LANDIM. Indira Maria Reis Paes. A DUALIDADE FORMAL E INFORMAL NA BUSCA PELO DIREITO À CIDADE: OS PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO DO ESPAÇO URBANO A PARTIR DA HABITAÇÃO NA CIDADE DE VITÓRIA. 2010. 158f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, 2010. Disponível em: https://sappg.ufes.br/tese_drupal//tese_3956_Indira.PDF

Este estudo se concentra nas relações entre a construção ou reconstrução do espaço urbano e a organização da sociedade, evidenciando o processo de segregação socioespacial como uma das faces do desenvolvimento das cidades, especialmente nos países “da periferia do capitalismo”, como o Brasil.

O espaço é a condição essencial para a existência e reprodução da sociedade, contudo o modo de produção capitalista também o utilizará para a produção da mais-valia. A “construção do espaço” tratada tem por definição aquilo que se origina do investimento de capital no meio físico — seja uma edificação, uma rua, uma rede de drenagem —, de modo a torná-lo novo, mesmo que esse já exista anteriormente. Esta leitura parte do pensamento harveyano, o qual entende que “a produção do espaço é, ela própria, parte nada desprezível da acumulação do capital: a cidade é produzida como mercadoria, sendo este o traço distintivo da urbanização capitalista” (HARVEY *apud* VALENÇA, 2008, p. 244).

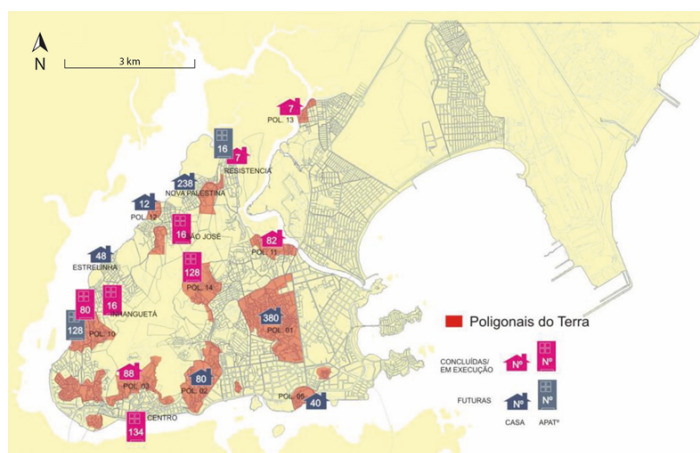
No tocante à construção do espaço urbano por meio da habitação, há de se considerar a existência de uma estratificação do mercado que exige que se aplique políticas diferentes para cada grupo populacional. Muito claramente, observa-se a oposição entre um setor de produção capitalista da moradia, responsável pela habitação de mercado, e, do outro, um setor subsidiado, cujo objetivo é a produção da moradia social.

Objetivou-se demonstrar a intensificação dos processos de segregação socioespacial, a partir da produção habitacional, de mercado e subsidiada, realizadas em Vitória, no início do século XXI. Nesse período, a capital capixaba se consolida como uma “ilha de excelência”, ratificando seu papel de polo da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV). Por outro lado, é o momento em que é implementada uma política habitacional permanente na capital, estruturada por programas da Secretaria Municipal de Habitação (SEHAB) e Projeto Terra.

A política habitacional de Vitória possui duas frentes, uma por meio do Projeto Terra e outra exclusiva da SEHAB. Embora seja comum a atuação conjunta dessas duas frentes, cada qual possui leis e programas

específicos. Na Figura 1, tem-se o levantamento³⁰ dos empreendimentos habitacionais em execução, concluídos e em planejamento, no período de 2003 a 2007. Nota-se a concentração das unidades na porção noroeste da ilha e nas áreas de morro, regiões com precária infraestrutura urbana. Isso se deve, em parte, ao foco da política habitacional que está fortemente ligada à inserção dessas áreas à malha “formal” da cidade.

Figura 1 – Estimativas das intervenções habitacionais realizadas pelo Projeto Terra e SEHAB, no período entre 2003 e 2007

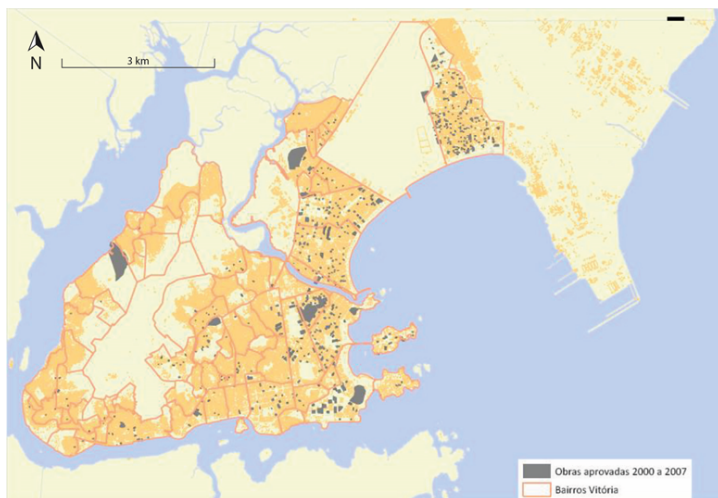


Fonte: as autoras.

A Figura 2 traz o levantamento das habitações de mercado aprovadas pela prefeitura de Vitória, entre 2000 e 2007. Observa-se as regiões leste e continental da capital como os lugares preferenciais para a instalação de empreendimentos habitacionais direcionados ao mercado. Essa mesma região também deverá ser alvo de grandes projetos de infraestrutura viária, entre outros equipamentos culturais, esportivos e tecnológicos (Figura 3).

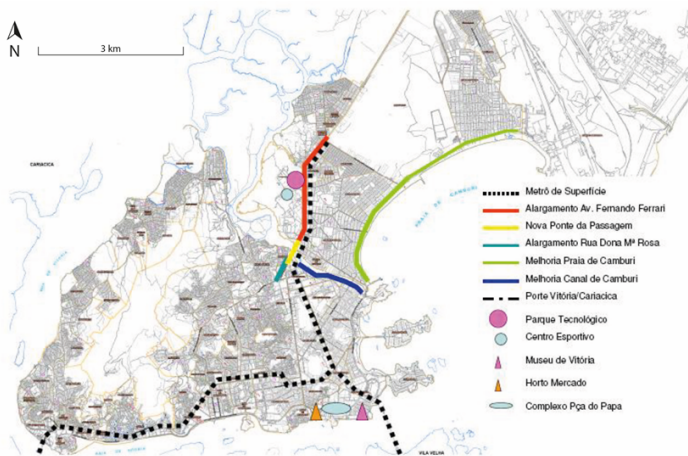
30 Parte das realizações municipais de gestões anteriores ficou sem registro na prefeitura, não sendo, portanto, contabilizada nessa figura.

Figura 2 – Empreendimentos com projeto aprovado pela Prefeitura de Vitória, entre 2000 e 2007



Nota: estão destacados os lotes dos empreendimentos em lugar da edificação
 Fonte: as autoras.

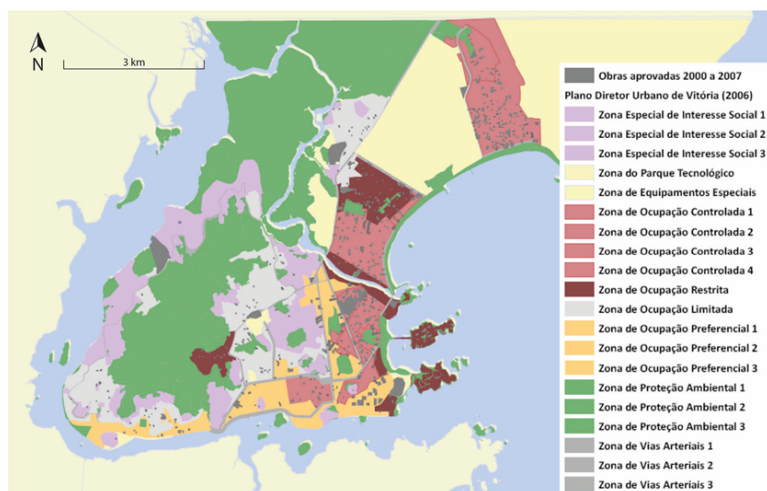
Figura 3 – Principais investimentos previstos para a Vitória até 2011



Fonte: as autoras.

O Plano Diretor Municipal de 1994 e sua revisão em 2006 (Figura 4) indicam o desejo municipal de desacelerar o crescimento nessas áreas, contudo ainda sem surtir efeito.

Figura 4 – PDU 2006 e os empreendimentos aprovados na Prefeitura de Vitória, entre 2000 e 2007



Fonte: as autoras.

A produção habitacional promovida pela iniciativa privada e pelo poder público nesse início de século ratifica o modelo histórico de formação da cidade de Vitória, a exemplo das grandes cidades brasileiras, isso mesmo após a aprovação do Estatuto da Cidade, em 2001. Trata-se de um processo de construção dual da cidade; de um lado, nas áreas com melhor infraestrutura, os empreendimentos habitacionais direcionados ao mercado, e, do outro, as habitações subsidiadas, em regiões precárias da cidade.

Essa conformação socioespacial foi muito evidenciada nos estudos sobre a política habitacional do Sistema Financeiro da Habitação (SFH), operado pelo Banco Nacional de Habitação (BNH), entre 1964 e 1986, em todo o país, inclusive em Vitória, cujos empreendimentos

habitacionais sociais acabaram deixando a capital por completo, para serem construídos na periferia da metrópole.

As políticas habitacionais, tanto as direcionadas ao mercado, quanto as subsidiadas, demandam grandes aportes financeiros do poder público e esses recursos aquecem o mercado de terras, levando à disputa por localização e pela apropriação privada das riquezas derivadas da urbanização. O valor gerado com o aquecimento do mercado de terras e por investimentos públicos em infraestrutura se torna — lá na frente — um grande entrave à implementação de políticas habitacionais em áreas qualificadas da cidade.

Diante desse cenário, a estratégia adotada pela Prefeitura de Vitória para o enfrentamento dessa questão é a realização de programas habitacionais, como o Projeto Terra, que visam a qualificação das áreas precárias e sua inserção à malha formal da cidade. No entanto, uma vez qualificadas, essas áreas entram no circuito imobiliário privado, levando, novamente, à expulsão dos grupos de menor renda para áreas ainda mais periféricas.

Logo, o que se observa é uma desarticulação entre as políticas habitacionais e a de desenvolvimento urbano, posto que não há mecanismos que interfiram na dinâmica da produção do espaço urbano e garantam a permanência da população de baixa renda em áreas onde esteja ocorrendo a valorização da terra e dos processos especulativos.

Sobre a Política Nacional de Habitação (PNH), ainda em vias de implementação em 2010, inexistiam estudos mais precisos sobre o seu desempenho. Contudo, ao considerar o repertório (extenso) de estudos sobre a política do BNH e sobre a questão habitacional propriamente dita, é lícito acreditar no sucesso da atual política, no tocante ao número de moradias a serem “ofertadas” e ao aumento dos grupos sociais a serem beneficiados com ela, permanecendo a velha ressalva sobre a qualidade das novas habitações e sua forma de inserção na malha urbana.

Segundo o Mcidades (2004), o PNH tem, entre suas linhas-mestras de atuação, a integração urbana de assentamentos precários, como

também a integração da política de habitação à política de desenvolvimento urbano, no entanto, as ações propostas para o setor concentram-se muito mais no estabelecimento de mecanismo de inserção de áreas urbanas existentes, porém irregulares, à malha urbana legal, que na promoção de mecanismos que garantam o acesso e a permanência da população de baixa renda em áreas bem qualificadas da cidade. Ou seja, embora a produção de moradia popular atinja números significativos de crescimento, a maior parte dessa produção irá se concentrar fora da região mais qualificada da cidade, perpetuando a relação repartida dos grupos sociais no espaço urbano.

A política habitacional não só ratifica a relação repartida de produção do espaço urbano ao limitar sua atuação às áreas precárias da cidade, como também a financia por meio da liberação de recursos e pelos sobrelucros adquiridos pelos investidores com fundamento na renda imobiliária.

REFERÊNCIAS

VALENÇA, M. M. Ensaio sobre a dinâmica do imobiliário em Harvey. In: VALENÇA, M. M. (org.). *Cidade (i)legal*. Rio Janeiro: Mauad X, 2008.

Capítulo 25

Estudo dos corredores verdes para o município de Vila Velha-ES – Brasil³¹

Eduarda Dias Berrêdo

Daniella do Amaral Mello Bonatto

31 Link da publicação original: BERRÊDO, Eduarda. Limites e possibilidades da legislação urbanística e ambiental na Bacia Hidrográfica Guaranhuns, em Vila Velha/ES. 192f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, 2018. Disponível em: https://sappg.ufes.br/tese_drupal//tese_12144_Disserta%E7%E3o%20Eduarda%20D.%20de%20Berr%EAdo_FINAL.pdf

Segundo a Organização Mundial das Nações Unidas (ONU), mais da metade da população (54%) vive em cidades e, até 2030, esse número pode chegar a 62%. Além disso, estima-se que o crescimento da área urbana ocorra em uma taxa de 1,5 a mais que o crescimento populacional. Esses dados representam inúmeros desafios relacionados a produção de energia e alimentos, redução da pobreza e oferta de empregos, gerenciamento dos recursos hídricos e preservação ambiental, especialmente de áreas naturais inseridas no tecido urbano.

Em se tratando das áreas naturais, há uma pressão sobre os espaços verdes, no sentido de ocupá-los, impermeabilizá-los para a expansão e o desenvolvimento das cidades. Entretanto, esses espaços são importantes aliados para minimizar os efeitos do aquecimento global, atuando como reguladores do microclima e dos recursos hídricos e redutores da poluição. Sendo assim, torna-se ainda mais necessária a ampliação e manutenção das áreas verdes urbanas, inclusive pelos serviços ecossistêmicos prestados (como o consumo de alimentos, água potável e matérias-primas, a mitigação de desastres naturais, atividades culturais ligadas ao turismo ecológico, produção de oxigênio, biodiversidade, entre outros). Não só a quantidade importa, mas sua distribuição espacial é fator essencial para assegurar a qualidade do ambiente urbano.

Nesse contexto, a infraestrutura verde se coloca como um mecanismo capaz de reabilitar áreas naturais urbanas. Pesquisas importantes no estudo da infraestrutura verde a fundamentam em dois conceitos: a preservação e conexão de áreas naturais em prol da biodiversidade e da contenção da fragmentação de habitats e a conexão de praças e outras áreas verdes para usufruto da população. Essa conexão se dá por meio de corredores verdes (Figura 1).

Figura 1 – Exemplo de corredor verde – Rua Gonçalo de Carvalho, em Porto Alegre



Fonte: as autoras.

Apesar desse conceito direcionar-se para o meio natural, os corredores verdes são importantes também em áreas urbanas, como suporte às atividades humanas e à reabilitação e à preservação das paisagens fluviais. Assim, analogamente, pode-se considerar os rios como corredores fluviais. O Quadro 1 destaca as ideias-chave do conceito de corredores verdes.

Quadro 1 – Ideias-chave dos corredores verdes

Conectividade	• Potencial de ligação entre praças, bairros, pólos de atração
Linearidade	• Ruas, calçadas, ciclovias, etc.
Multifuncionalidade	• Múltiplos usos - circulação, comércio, lazer
Desenvolvimento sustentável	• Otimização das condições microclimáticas
Redução do uso de combustíveis fósseis	• Estímulo ao transporte não poluente
Arborização urbana	• Retenção de águas pluviais na vegetação • Aumento da permeabilidade do solo
Sistemas lineares integrados	• Rede de mobilidade

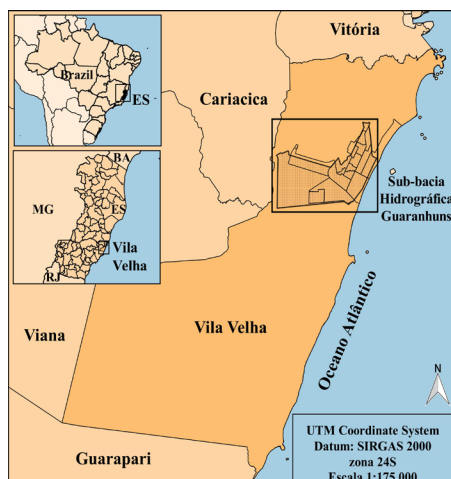
Fonte: as autoras.

A inserção de corredores verdes em áreas urbanizadas pode ser uma estratégia para mitigar a supressão de áreas vegetadas e a pouca qualidade do ambiente urbano, por meio do aproveitamento dos fragmentos vegetados remanescentes, dos cursos d'água, das praças disponíveis, de vazios urbanos e do próprio sistema viário como locais a receber a infraestrutura verde, sobretudo a arborização viária.

Ampliar a compreensão sobre o espaço urbano, sobre a relação indissociável entre paisagem natural e paisagem construída, entre o desenho urbano tradicional e o desenho urbano com conexões na paisagem, a partir de corredores verdes, são condições para a sustentabilidade urbana.

Diante disso, estudou-se, no município de Vila Velha-ES, a região da sub-bacia hidrográfica Guaranhuns, propondo aliar gerenciamento da drenagem urbana, reabilitação de rios urbanos, aumento da vegetação e qualidade de vida, por meio dos corredores verdes.

Figura 2 – Localização da área de estudo



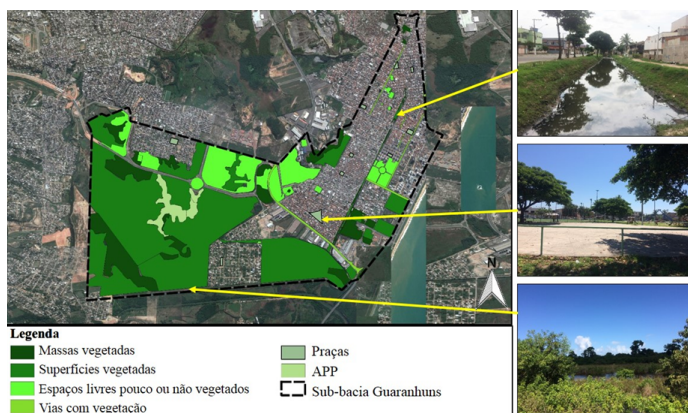
Fonte: as autoras.

O município de Vila Velha está inserido na Região Metropolitana da Grande Vitória, no Espírito Santo, e abrange uma área de 210km², com uma população estimada em 490 mil habitantes. O relevo é predominantemente plano, com a maior parte da área entre 0 e 5 metros acima do nível do mar e faixa costeira altamente urbanizada. O clima é o tropical superúmido, com um mês seco (agosto), três meses chuvosos (outubro a dezembro) e oito meses parcialmente secos (janeiro a julho e setembro) e a média pluviométrica varia entre 1200 e 1350 mm. Vila Velha é entrecortada por cursos d'água e historicamente lida com frequentes eventos de inundação.

A sub-bacia hidrográfica Guaranhuns possui grande relevância ambiental, urbana e econômica para o município de Vila Velha, por estar inserida em uma área de expansão próxima a uma zona industrial, e localiza-se nas proximidades do Rio Jucu, um dos mais importantes rios do estado. A sub-bacia abrange uma área de 14 km², sendo 42% densamente urbanizada e o restante composta por áreas vegetadas e alagadas.

Como pode-se observar na Figura 3, a distribuição dos espaços livres na área estudada não é homogênea, estando as superfícies vegetadas localizadas, em sua totalidade, na porção sul.

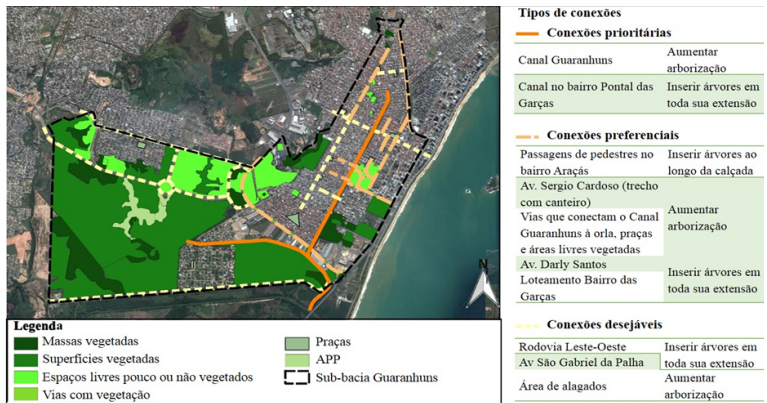
Figura 3 – Espaços livres na área de estudo



Fonte: as autoras.

A partir da identificação espacial das áreas verdes inseridas na sub-bacia Guaranhuns, os fragmentos a serem conectados por meio dos corredores verdes foram localizados, resultando em três categorias de conexões: prioritárias, potenciais e desejáveis. As conexões prioritárias são representadas pelos cursos d’água, por motivos de proteção ambiental aos recursos hídricos e às pessoas, de forma a colaborar com a redução dos eventos de inundações, assim como promover maior distribuição de espaços verdes e acesso a eles. As conexões potenciais são conformadas pelas superfícies vegetadas, por constituírem espaços livres já vegetados. E as conexões desejáveis abrangem as áreas não atendidas pelas citadas anteriormente, nas quais a estrutura viária permite sua conexão com as demais. A Figura 4 apresenta a proposição de corredores verdes para a sub-bacia hidrográfica Guaranhuns.

Figura 4 – Proposição de corredores verdes



Fonte: as autoras.

A implementação de corredores verdes visando conectar, aumentar e melhorar os espaços livres — e as áreas verdes — na sub-bacia hidrográfica Guaranhuns é uma alternativa possível. As conexões que esses espaços proporcionam podem contribuir para uma

distribuição mais equânime dos espaços livres em Vila Velha e ainda aumentar seu Índice de Áreas Verdes.

Nesse sentido, a infraestrutura verde se configura como uma estratégia de planejamento que alia a preocupação com a qualidade e funcionalidade do suporte natural e do ambiente construído. Possibilita a requalificação dos espaços livres, reforçando-os como fundamentais para a resiliência urbana, a qualidade de vida e a manutenção das relações sociais.

A existência dos espaços livres em boa quantidade e distribuição, com a devida arborização e permeabilidade do solo adequada às dinâmicas pluviométricas locais, favorece o pedestrianismo, a interação social e as saúdes individual e urbana. Portanto, a implementação de corredores verdes urbanos demonstra capacidade para integrar os planejamentos urbano e paisagístico, possuindo um grande potencial para o alcance da regeneração urbana e da qualidade da sua ambiência. Desse modo, a utilização da infraestrutura verde para reabilitar cursos d'água pode ser uma possibilidade de preservar e integrar elementos naturais em áreas urbanas, proporcionar cidades resilientes e valorizar os espaços livres como suporte às atividades humanas.

REFERÊNCIAS

AHERN, J. Greenways as a planning strategy. *Landscape and Urban Planning*, [s. l.], n. 33, p. 131-155, 1995.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *World Cities Report 2020*. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://unhabitat.org/wcr/>. Acesso em: 30 ago. 2021.

PENTEADO, H. M.; ALVAREZ, C. E. Corredores verdes urbanos: Estudo da viabilidade de conexão das áreas verdes de Vitória. *Paisagem e Ambiente*, [s. l.], n. 24, p. 57-68, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i24p57-68>. Acesso em: jul 2020.

Sustentabilidade dos materiais

Capítulo 26

Indicadores de avaliação de sustentabilidade urbana em países latino-americanos³²

*Karla Moreira Conde
Juliana Santos
Layra Lugão
Cristina Engel de Alvarez
Luis Bragança*

32 Link da publicação original: CONDE, Karla Moreira *et al.* Indicadores de avaliação de sustentabilidade urbana em países latino-americanos. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020. *Anais [...]*. Porto Alegre: Antac, 2020. Disponível em: <https://www.antac.org.br/anais-c1pyf>.

Com o crescimento das cidades e o aumento populacional nos centros urbanos, torna-se cada vez mais necessária a demanda por serviços públicos, matérias-primas, produtos, moradias, transportes e empregos. Contudo esse desdobramento, quando desprovido de uma gestão adequada, pode gerar um impacto negativo na qualidade de vida da população, em função do aumento da degradação ambiental e da dificuldade de acesso a serviços básicos.

A cidade representa atualmente um dos principais temas em pauta, quando abordado sob o conceito do desenvolvimento sustentável, sobretudo em função das questões urbanas exercerem influência direta no cenário econômico, ambiental e social dos países. Visando a implementação de um modelo de planejamento sustentável, principalmente em menores escalas de gestão, investe-se hoje na utilização de ferramentas de avaliação da sustentabilidade urbana como mecanismo para suporte das ações relacionadas ao meio urbano por meio da identificação de problemas, orientação na busca por soluções e verificação dos avanços em longo prazo.

Assim, os indicadores de sustentabilidade urbana são importantes instrumentos não somente para avaliar o *status quo* de uma parcela territorial, mas também como um direcionador para a estruturação de investimentos públicos, podendo, ainda, orientar a gestão participativa, quando utilizados como um meio de demonstrar à população quais são os problemas e que medidas poderão contribuir para melhorar a sustentabilidade da comunidade.

Tendo em vista as particularidades de cada contexto, a tentativa de padronização de uma ferramenta para alcance global parece pouco eficiente, embora seja desejável a busca de elementos comuns que possam, eventualmente, serem comparáveis. Assim, faz-se necessária a adaptação das metodologias a regiões de realidades urbanas semelhantes. A conformação urbana da América Latina guarda especificidades que não se alinham com outras regiões do globo densamente urbanizadas. Embora a população que reside em cidades nos países da América Latina (79,8%), América do Norte (82,4%) e Europa do Norte (83,6%)

seja relativamente semelhante em valores percentuais, a população em números absolutos e o Produto Interno Bruto per capita de países que integram essas regiões apontam para realidades sociais distintas.

Os países latino-americanos representam uma das regiões mais urbanizadas do mundo, onde o problema da moradia e as questões sociais destacam-se como sendo os maiores desafios para fomento de um desenvolvimento sustentável. Apesar de nos últimos anos terem registrados significativos avanços em relação à regularização de habitações informais na América Latina e no Caribe, registra-se que, pelo menos, 24% da população urbana ainda resida em áreas ambientalmente fragilizadas, sendo esses assentamentos caracterizados pela falta de acesso aos sistemas de serviços urbanos básicos. O baixo desenvolvimento humano e econômico e as grandes disparidades de renda colaboram para que, em seu conjunto, América Latina e Caribe formem a região com a maior taxa de homicídios do mundo (mais de 20 por cada 100 mil habitantes), muito acima da média global (7 por cada 100 mil habitantes), o que, inevitavelmente, reflete também em tensões sociais no ambiente urbano.

Considerando a diversidade e particularidade dos contextos urbanos e, especificamente, dos países latino-americanos, é indiscutível a fragilidade econômica e política socioambiental urbana dessa região. Portanto, assim como o conceito de sustentabilidade é alicerçado no tripé ambiental, social e econômico, defende-se que os indicadores de sustentabilidade urbana para aplicação em países latino-americanos abordem as questões críticas da região, em busca do equilíbrio desses alicerces para o desenvolvimento sustentável.

Entretanto, como já observado por alguns autores, as ferramentas de avaliação existentes geralmente têm um forte enfoque ambiental. Um exemplo são as ferramentas *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM), *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency* (CASBEE) e *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) que atribuem peso muito baixo para medidas econômicas e sociais diretas, sendo cerca de 3% para negócios e economia e 5% para o bem-estar. Diante do exposto, visando a seleção de

indicadores de avaliação da sustentabilidade para comunidades urbanas dos países da América Latina, foram analisadas seis ferramentas de avaliação de sustentabilidade urbana de reconhecido valor científico e/ou institucional, e, aqui, apresenta-se o enfoque de tais ferramentas, quanto as três dimensões da sustentabilidade. Foram selecionadas as seguintes ferramentas: SBETool – *Sustainable Built Environment*, SBTool PT PU – *Sustainable Building Tool* – Metodologia para Planejamento Urbano, Rede URBENERE – Comunidades Urbanas Energeticamente Eficientes, ISO 37120:2014 – *Sustainable development of communities – Indicators for city services and quality of life*, LEED ND v4 – *Leadership in Energy and Environmental Design for Neighborhood Development* e BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento.

Em um primeiro momento, observou-se que as ferramentas selecionadas apresentam diferentes níveis de abrangência, tanto de escala urbana, quanto do objeto de análise. As ferramentas SBETool, SBTool PT PU, Rede URBENERE e LEED ND abrangem a escala urbana do bairro e incluem alguns indicadores relacionados ao edifício. Já a ISO 37120:2014 e a ferramenta do BID abordam a escala urbana da cidade e são bastante amplas em suas abrangências quanto ao planejamento urbano, incluindo indicadores relacionados a categorias como educação, finanças públicas e saúde, por exemplo. Embora já tivesse sido identificada em estudo anterior a dificuldade de efetivo uso de ferramentas muito abrangentes, como a ISO 37120:2014 e a do BID, optou-se por mantê-las na análise de indicadores, por considerar, além do valor institucional e credibilidade global de ambas, o grande potencial apresentado na argumentação conceitual e no detalhamento dos procedimentos de avaliação.

Analisando as estruturas de organização das respectivas ferramentas, percebe-se que essas apresentam variações, tanto na quantidade de indicadores, quanto na nomenclatura dos termos de classificação. Também verificou-se que são variados os aspectos avaliados e os parâmetros a serem considerados.

Como demonstra a Tabela 1, alguns indicadores são distribuídos por categorias ou subcategorias. Destaca-se que a ferramenta ISO adiciona os “de perfil”, que fornecem estatísticas básicas e informações do contexto para auxiliar a identificação de quais cidades são interessantes para comparações aos pares.

Tabela 1 – Ferramentas de avaliação de sustentabilidade urbana – quantitativo de indicadores

	SBETool	SBTool PT	URBENERE	ISO	LEED ND	BID
Categorias	4	14	5	17	3	23
Subcategorias	19	---	---	---	---	57
Indicadores	132	41	57	100	48	117
Indicadores de perfil	---	---	---	39	---	---

Fonte: os autores.

Quanto as três dimensões da sustentabilidade, nas ferramentas SBETool, SBTool PT PU, Rede URBENERE e LEED ND v4 prevalecem indicadores que abordam questões ambientais. Já nas ferramentas de avaliação ISO 37120:2014 e BID, ocorre uma distribuição mais uniforme das questões sociais, econômicas e ambientais. A Tabela 2 apresenta, percentualmente, o enfoque dado por cada ferramenta analisada as três dimensões da sustentabilidade, e a Figura 1 ilustra essa comparação por meio do diagrama de radar.

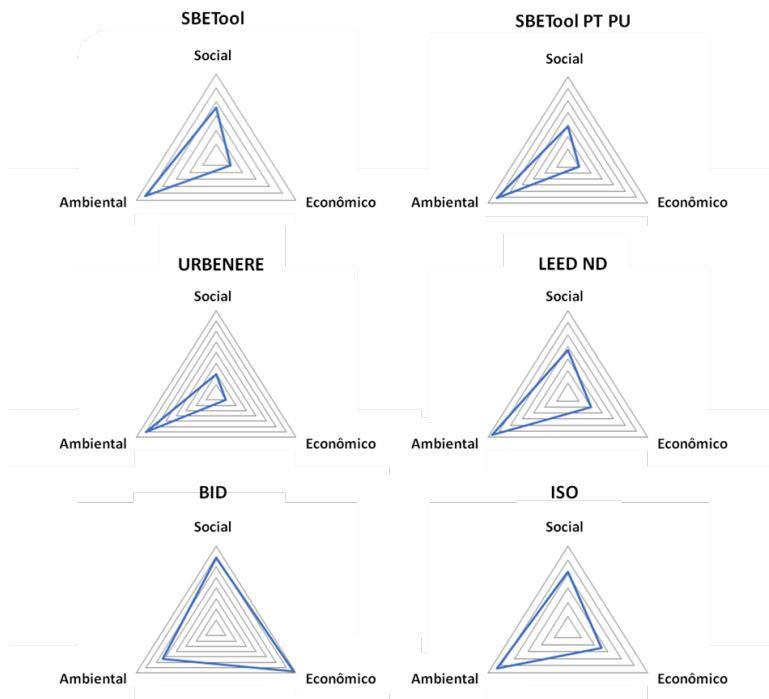
Tabela 2 – Ferramentas de avaliação de sustentabilidade urbana: enfoque de indicadores, quanto às dimensões da sustentabilidade (*)

		SBETool	SBTool PT	URBENERE	ISO	LEED ND	BID
Dimensões	Social	34,1%	28,6%	19,7%	41,7%	17,4%	34,4%
	Econômica	8,7%	9,5%	9,8%	25%	7,4%	38,7%
	Ambiental	57,2%	61,9%	70,5%	33,3%	75,2%	26,9%

(*) foram considerados os pesos (ponderações) apresentados pelas ferramentas.

Fonte: os autores.

Figura 1 – Comparação do diagrama de radar das ferramentas de avaliação da sustentabilidade urbana



Fonte: os autores.

Por outro lado, como a proposição de indicadores de sustentabilidade de comunidades urbanas partiu da seleção de ferramentas de avaliação, esses acabam por refletir a tendência de abordar questões ambientais. Entretanto, um sistema de ponderação pode ser utilizado como estrutura de avaliação. Ou seja, os pesos refletem a importância relativa dada a cada indicador. Há, ainda, a possibilidade de destacar aspectos específicos, por exemplo, com a atribuição de pesos de maior valor a indicadores que abordem um determinado tema. Isso possibilita considerar os contextos locais, pois os pesos variarão dependendo das necessidades das comunidades envolvidas, além de permitir alterações de atribuição de peso ao longo do tempo em relação a possíveis mudanças.

Assim, além da necessidade de avaliação da pertinência dos indicadores, também deve ser observado que embora os indicadores sejam necessariamente propostos, de forma a possibilitarem a mensuração de aspectos individuais e específicos, pode ser adaptado um sistema de pesos que possibilite a ponderação das diferentes realidades ou, ainda, adotar um instrumento que permita a manutenção do formato de avaliação tradicional, englobando indicadores específicos para as diferentes realidades dos países latino-americanos e indicadores gerais que possibilitem a comparação do desempenho das comunidades em escala global.

Ferramenta de avaliação da sustentabilidade para reabilitação de edifícios multifamiliares brasileiros³³

*Rhaina Fornaciari
Cristina Engel de Alvarez*

33 Link da publicação original: FORNACIARI, Rhaina. *Ferramenta de avaliação da sustentabilidade para reabilitação de edifícios multifamiliares brasileiros*. 2018. 152f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018. Disponível em: http://repositorio.ufes.br/jspui/bitstream/10/10069/1/tese_11900_Rhaina%20Fornaciari_Disserta%C3%A7%C3%A3o_vers%C3%A3oFINAL.pdf.

A construção civil é um dos setores que mais exerce impactos negativos sobre o meio ambiente, e a busca pelo prolongamento da vida útil de uma edificação, de forma eficiente e com aproveitamento da infraestrutura instalada, é um aspecto considerado fundamental no conceito da sustentabilidade do ambiente construído. Nesse sentido, o incremento das ações visando a reabilitação de edificações pode ser classificado como um elemento-chave para atingir os objetivos de melhorias no setor.

Por sua vez, as ferramentas de avaliação da sustentabilidade cumprem o papel de serem facilitadoras no processo de inserção das práticas sustentáveis na construção civil. Entretanto, é de grande importância que elas sejam adequadas às características dos locais onde serão utilizadas. Sendo assim, esta pesquisa objetivou propor a versão inicial para uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade para reabilitação de edifícios multifamiliares brasileiros, usando como suporte metodológico a ferramenta SBTool Genérico.

A pesquisa envolveu inicialmente revisão da literatura acerca da relação entre sustentabilidade e o ambiente construído. Ainda, foram estudadas as ferramentas de avaliação da sustentabilidade, com ênfase no SBTool Genérico — e suas adaptações em diversos países — e nas ferramentas utilizadas no Brasil: Alta Qualidade Ambiental (Aqua), o GBC Brasil Casa, a Avaliação da Sustentabilidade (Asus) e o Selo Casa Azul. A partir da revisão bibliográfica, a pesquisa desenvolveu-se em 4 (quatro) etapas.

Etapla 1: desenvolvimento de metodologia para seleção dos critérios e, posteriormente, a seleção. A obtenção dos critérios baseou-se em ferramentas existentes, estudadas no referencial teórico. A definição da seleção ou exclusão considerou a **adequabilidade quanto ao contexto brasileiro** (considerando o clima, cultura, práticas da construção civil, tecnologia disponível, dificuldade para obtenção de dados etc.) e a **adequabilidade para aplicação em projetos de retrofit em edifícios multifamiliares**

Etapla 2: definição dos pesos dos critérios a partir de adaptação da metodologia proposta no SBtool Genérico — subetapas 1, 2, 3 e 4.

Subetapa 1: no SBTool, os pesos são determinados utilizando um painel de pontuação (Figura 1) avaliado por especialistas e um algoritmo que atribui a ponderação baseada na relevância das principais categorias de impacto. Os pesos para cada critério são definidos em função dos graus de extensão, duração e intensidade dos efeitos do desempenho.

Figura 1 – Painel de avaliação utilizado no processo de ponderação do SBTool Genérico

Ajustável		Valores pré-definidos		
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5
Efeito local	Extensão do efeito potencial	Duração do efeito potencial	Intensidade do efeito potencial	Sistema primário diretamente afetado
1 Muito menos	1 Edifício	1 1 a 3 anos	1 Menor	1 Funcionalidade e Serviço
2 Menos	2 Sítio / projeto	2 3 a 10 anos	2 Moderado	1 Custo e economia
3 OK	3 Vizinhança	3 10 a 30 anos	3 Maior	2 Bem estar, segurança e produtividade
4 Mais regional	4 Urbano /	4 30 a 75 anos		2 Questões sociais e culturais
5 Muito mais	5 Global	5 > 75 anos		3 Recursos da terra
				3 Recursos materiais
				3 Recursos hídricos
				4 Recursos energéticos
				3 Ecossistema (s)
				4 Atmosfera local e regional
				5 Clima global

Fonte: adaptado de Larsson (2015).

Ressalta-se que para a definição dos valores relativos à primeira coluna do painel de ponderação do SBTool – Efeito local foram selecionados três documentos brasileiros como aportes: a Agenda 21 Brasileira (COMISSÃO..., 2004), os Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (INSTITUTO..., 2015) e as ações propostas no documento Desenvolvimento com Sustentabilidade (CÂMARA..., 2014). Os itens abordados por tais documentos foram analisados, sendo descartados os que não apresentaram relação direta com a construção civil. Posteriormente, os critérios definidos para a ferramenta foram comparados a tais itens, sendo realizada a seguinte análise:

- O atendimento ao critério contribui para alcançar (em maior ou menor grau) a finalidade do objetivo/indicador/ação?
- Quando o critério está **diretamente** relacionado ao atendimento do objetivo do item em avaliação, esse foi selecionado.

Assim, para cada critério, foi medida a quantidade de itens relacionados, sendo, então, determinado o **Fator de Impacto Local** (FIL) do critério. Esse procedimento foi realizado para todos os critérios.

Subetapa 2: consistiu-se na definição dos valores relativos às colunas 2, 3, 4 e 5 do painel de ponderação, aplicáveis aos critérios provenientes das ferramentas adaptadas/utilizadas no Brasil. Para os critérios advindos do SBTool, foram mantidos os valores definidos no SBTool Genérico.

A metodologia aplicada nessa subetapa foi definida baseada no que é preconizado pela técnica de Grupo Focal (GP). Assim, na definição dos valores a serem utilizados pelos critérios provenientes das ferramentas brasileiras no painel de ponderação, foram realizadas duas reuniões com especialistas de diversas áreas relativas à arquitetura (materiais, iluminação natural, iluminação artificial, conforto térmico, energia etc.).

Subetapa 3: foram determinadas as 3 (três) versões da ferramenta (mínima, média e máxima), conforme preconizado pelo SBTool. Para tanto, foi utilizado o Fator de Impacto Local: quanto maior o valor desse, considera-se maior a importância do critério para o contexto local, relacionando-se, assim, a uma versão da ferramenta.

Subetapa 4: consiste no tratamento dos dados para a obtenção dos pesos finais dos critérios.

A **Etapa 3** caracteriza-se pelo desenvolvimento dos critérios que compõem a versão mínima da ferramenta proposta. Os critérios foram trabalhados individualmente, sendo estabelecidos para cada um deles: 1. Objetivo, 2. Indicador, 3. Fonte de informação, 4. Informação Relevante, 5. Método de Avaliação e 6. Marcas de Referências.

Como resultado dessas 3(três) etapas, foi desenvolvida a ferramenta **SBToolBR Retrofit**.

A **Etapa 4** foi baseada na experiência e observações ao longo dos procedimentos anteriormente descritos. Assim, foram propostos ajustes na metodologia utilizada nesta pesquisa, visando possibilitar melhorias no processo de desenvolvimento de FAS. Assim,

em sua estruturação final, a metodologia proposta foi dividida em 3 (três) etapas, conforme descrito a seguir.

Seleção e desenvolvimento dos critérios: inicialmente, os critérios obtidos com base nas ferramentas existentes necessitaram passar por uma triagem, sendo eliminados os que não possuem adequabilidade em relação ao tipo de projeto, tipo de edifício e ao contexto local. Esse processo é necessário para possibilitar a usabilidade da ferramenta.

A obtenção de critérios com base no SBTool e nas ferramentas auxiliares mostrou-se adequada, visto que, em sua maioria, esses associaram-se ao conteúdo dos documentos referenciais locais. A comparação dos critérios com os itens pontuados nesses documentos demonstrou coerência entre os aspectos a serem avaliados pela ferramenta e as políticas a serem adotadas para que o setor da construção civil diminua os impactos negativos que exerce.

O processo de desenvolvimento dos critérios, ou seja, seu detalhamento, possibilita o agrupamento de critérios semelhantes, além de permitir adaptá-los como marcas de referências de um critério com maior abrangência. Assim, é obtida a lista final de critérios.

Ponderação: para a ponderação utilizando o painel empregado pelo SBTool Genérico, é necessária a determinação do Fator de Impacto Local (baseado nos documentos referenciais locais) e as discussões empreendidas nos Grupos Focais.

O uso do Grupo Focal enquanto técnica de obtenção de dados mostrou-se adequado, pois a interação entre os especialistas da área de arquitetura proporcionou o debate que originou respostas significativas. Entretanto, ressalva-se que foi observada a necessidade de critérios estarem desenvolvidos para que possibilite aos especialistas o entendimento por completo do critério. Ainda, sugere-se que os grupos focais analisem todos os critérios, inclusive os que provêm do SBTool Genérico.

Assim, após o tratamento dos dados e a definição dos pesos dos critérios, poderão ser observadas inconformidades nas ponderações, por exemplo, no SBToolBR Retrofit, no qual os pesos dos critérios relativos ao uso de materiais resultaram em, aproximadamente, 13%

do total. Esses valores podem estar superestimados, visto que trata-se de um projeto de reabilitação, no qual o consumo de materiais deve ser significativamente menor, se comparado à construção de um novo edifício. Portanto, caso haja alguma inconformidade, indica-se a realização de um novo encontro do grupo para que se empreendam discussões a partir da inadequação apontada.

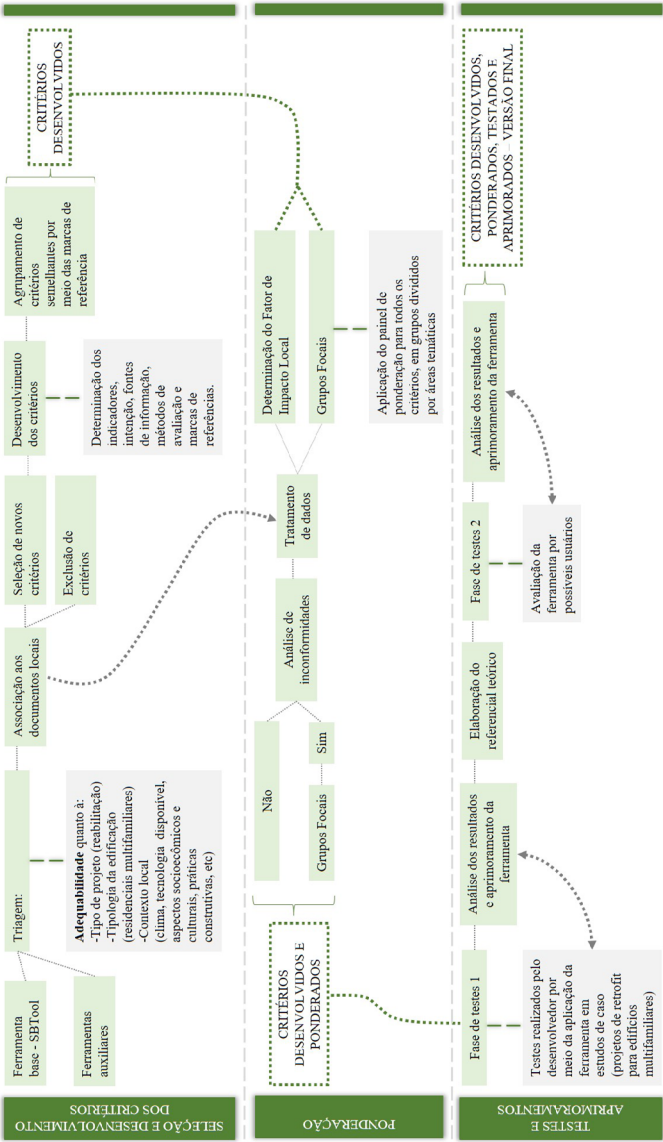
Testes e aprimoramentos: nessa etapa, são propostos dois tipos de testes: o primeiro — Fase de testes 1 — executado pelo desenvolvedor da ferramenta, no qual ela é aplicada a estudos de caso, ou seja, é selecionado um grupo de edifícios de habitação existentes sujeitos a obras de reabilitação, a fim de se aplicar a ferramenta. Após a análise dos resultados, são realizados os aprimoramentos necessários. Após o aprimoramento, a Fase de testes 1 pode ser repetida para verificar se os problemas detectados foram de fato resolvidos, ou seja, o processo requer constante retroalimentação.

Após a conclusão da primeira fase de testes, recomenda-se a elaboração do conteúdo informativo para a constituição do referencial teórico, que contenha a descrição completa da ferramenta e a enumeração de estratégias e diretrizes para a adoção de boas práticas relacionadas a cada critério, elevando a ferramenta a um instrumento avaliativo e educativo acerca da sustentabilidade na construção civil.

Desse modo, a ferramenta e referencial teórico são testados na Fase de testes 2, realizados por possíveis usuários da ferramenta, ou seja, arquitetos, projetistas e afins. Os resultados são, então, analisados e as melhorias implantadas e novamente, pode-se realizar a Fase de testes 2 para certificar-se que o aprimoramento fora bem-sucedido. Ressalta-se que as ferramentas de avaliação devem estar em frequente aprimoramento, pois, mesmo após a finalização e lançamento da ferramenta, é necessária a constante atualização, principalmente em função da evolução do setor da construção e das novas necessidades surgidas.

A Figura 2 apresenta a metodologia proposta para o aprimoramento do SBToolBR Retrofit e para balizar o desenvolvimento de novas ferramentas.

Figura 2 – Metodologia para desenvolvimento e aprimoramento de ferramentas de avaliação



Fonte: as autoras.

REFERÊNCIAS

COMISSÃO DE POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DA AGENDA 21 NACIONAL. *AGENDA 21 brasileira: ações prioritárias*. Segunda edição. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. *Construção verde: desenvolvimento com sustentabilidade*. Encontro da Indústria para a sustentabilidade. São Paulo, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2015*. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: http://www IBGE.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/default_2015.shtm. Acesso em: 19 out. 2017.

LARSSON, N. *SBTool for 2015*. International Initiative for a Sustainable Built Environment. [S. l.], 2015. Disponível em: [http://www.iisbe.org/system/files/SBTool%20 Complete%2004May15.pdf](http://www.iisbe.org/system/files/SBTool%20Complete%2004May15.pdf). Acesso em: 12 jan. 2017.

Capítulo 28

A sustentabilidade dos materiais: estudo em edificações dos séculos XVI e XXI³⁴

Joana Bellumat Pedrini

Edna Aparecida Nico Rodrigues

Márcia Bissoli Dalvi

34 Link da publicação original: PEDRINI, Joana Bellumat; NICO-RODRIGUES, Edna Aparecida; BISSOLI-DALVI, Márcia. *A sustentabilidade dos materiais: estudo em edificações dos séculos XVI e XXI*. IX ENCONTRO NACIONAL, VII ENCONTRO LATINOAMERICANO, II ENCONTRO LATINO-AMERICANO E EUROPEU SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2017. *Anais [...]*. Porto Alegre: Antac, 2017. Disponível em: https://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/a_sustentabilidade_dos_materiais.pdf

Ao longo da história, a construção civil sempre se apresentou como um setor de relevância para o desenvolvimento, sobretudo econômico. Porém também se apresenta como grande geradora de impactos, especialmente ambientais, o que vem sendo agravado pelo crescimento populacional, visto que se tem maior demanda por ambiente construído. Por sua vez, os materiais de construção têm grande atribuição aos impactos gerados, por serem grandes consumidores de recursos naturais, tanto na fase de extração de matérias-primas, como nos processos de beneficiamento e nas emissões de gases poluentes, devendo ser considerado o consumo despendido pelo transporte até o uso final.

Uma das formas de contribuir para a redução desses impactos é a seleção dos materiais de construção com base em princípios sustentáveis, já que produção, uso e descarte implicam em impactos ambientais, econômicos e sociais. Esta pesquisa objetivou comparar o índice de sustentabilidade dos materiais utilizados na envoltória de duas edificações institucionais, construídas em contextos históricos diferenciados, dos séculos XVI e XXI, na cidade de Vitória-ES, avaliando a evolução tecnológica dos materiais e os impactos provocados pelo consumo de matéria-prima, geração e gestão dos resíduos. A fim de auxiliar na avaliação da sustentabilidade dos materiais selecionados, foi utilizado o Instrumento para Seleção de Materiais Mais Sustentáveis (Ismas), sendo uma ferramenta elaborada com base nas diretrizes para construção sustentável da Agenda 21, com foco na redução de matérias-primas e na geração de resíduos.

Com o passar dos anos, os materiais e as técnicas utilizadas nas construções foram sendo aperfeiçoados, de acordo com as necessidades e demandas específicas de cada época, estando restritos, também, às limitações presentes em seu contexto histórico. Para atender às demandas da população atual, necessita-se de uma quantidade expressiva de materiais, o que está diretamente relacionado aos impactos gerados. Ainda, diante da incontestável finitude das matérias-primas básicas para a construção, há a necessidade de se mudar o modo de explorar os recursos naturais, assim como a busca por melhorias

com soluções socialmente justas, ambientalmente corretas e economicamente viáveis e que impulsionem o uso dos recursos naturais com baixo impacto ambiental.

Uma seleção dos materiais e componentes mais adequados para cada projeto é uma atividade complexa, já que implica na avaliação de aspectos que incluem diversas variáveis. Assim, a análise a respeito da seleção feita para cada edifício deve levar em consideração, ainda, o contexto histórico inserido, o que torna o processo mais complexo.

A fim de realizar uma análise da sustentabilidade dos materiais utilizados ao longo do tempo na construção civil, foram considerados os seguintes critérios de escolha das duas edificações: com caráter institucional, construídos em diferentes períodos históricos e que fossem edifícios relevantes dentro do contexto histórico de sua construção, obtendo instrumentos de estudo com características distintas. Assim, os edifícios escolhidos foram:

- Sede da Petrobras, sendo uma edificação do século XXI, com adoção de diretrizes de sustentabilidade e arquitetura associada a tecnologias (Figura 1).

Figura 1 – Sede da Petrobras, em Vitória



Fonte: as autoras.

– Palácio Anchieta, importante edificação pública e atual sede do Governo do Estado, iniciada na colonização do Estado, no século XVI, em meio a limitações de materiais e de técnicas, contando, ainda, com adições e substituições de materiais ao decorrer do tempo (Figura 2).

Figura 2 – Palácio Anchieta



Fonte: as autoras.

Para levantamento dos materiais a serem avaliados, foram realizadas visitas orientadas nas duas edificações, além de pesquisas por meio de textos e registros fotográficos. Para cada edifício, foram levantados os materiais usados para estrutura, vedação, esquadria, revestimento e cobertura. A avaliação de cada material demandou uma reunião de informações sobre eles, referentes às abordagens dos critérios do Ismas.

Para análise por meio da ferramenta utilizada, o material é avaliado em cada critério apresentado no Quadro 1, sendo possível obter três níveis de resposta (-1/0/1) para cada um deles. De acordo com as pontuações obtidas e com o peso de cada critério, é obtido o resultado final da avaliação do material, o índice de sustentabilidade, que atinge valores em uma escala entre -1 e 1, dividida em marcas de referências de classificação.

Quadro 1 – Critérios adotados pelo Ismas

Critérios de avaliação adotados pelo Ismas
1. É possível ser reaproveitado, no todo ou em parte;
2. É renovável;
3. Dispensa materiais adicionais para acabamento;
4. Possui elementos reciclados;
5. A durabilidade independe da manutenção;
6. Favorece a desmontagem, visando o reaproveitamento; e
7. Favorece a baixa geração de resíduos.

Fonte: as autoras.

A edificação do século XXI (sede Petrobras) apresentou uma ampla relação de materiais e técnicas construtivas, mesclando conceitos modernos e já consolidados. Em meio a essa seleção, encontram-se diferentes índices de sustentabilidade, obtendo classificações como médio e alto. Na Tabela 1, os materiais são listados por segmento de uso, estando indicado os índices de sustentabilidade e as classificações alcançadas.

Novas tecnologias aliadas à arquitetura têm buscado o desenvolvimento de materiais mais sustentáveis, visando baixo impacto ambiental, diminuindo desperdícios e resíduos, além de torná-los possíveis de ser reutilizados ou reciclados.

Um fator contribuinte para o uso de materiais e técnicas mais sustentáveis é o surgimento de selos e certificações atribuídos a edificações, almejado, *a priori*, nesse edifício, muitas vezes promovendo incentivo ao processo de conscientização ambiental na construção civil, mas também, muitas vezes, usados como um elemento de marketing.

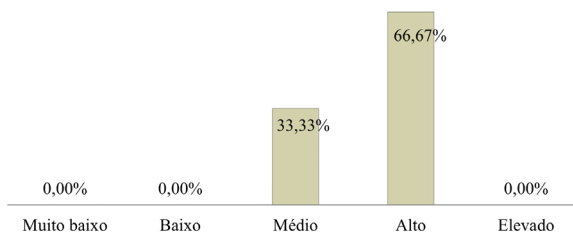
Tabela 1 – Índice de sustentabilidade dos materiais da sede da Petrobras

Local	Material	Índice de sustentabilidade	Classificação
Estrutura	Concreto	0,05	Médio
	Aço	0,35	Alto
	Bloco cerâmico	0,05	Médio
Vedação	Argamassa de cimento	0,05	Médio
	Drywall	0,25	Alto
	Vidro	0,25	Alto
	MDF	0,45	Alto
Esquadria	Vidro	0,25	Alto
	Alumínio	0,40	Alto
	Granito	0,45	Alto
	Piso elevado	0,35	Alto
Revestimento (piso e fachada)	Carpete	0,20	Médio
	Placa cimentícia	0,20	Médio
	ACM	0,35	Alto
	Membrana compósita rolô	0,40	Alto
Cobertura	Telha de alumínio zipada	0,40	Alto

Fonte: as autoras.

No Gráfico 1, são evidenciadas as porcentagens referentes às classificações obtidas pelos materiais avaliados nesse edifício, sendo que 2/3 dos materiais utilizados obtiveram classificação como alto.

Gráfico 1 – Resultado da avaliação dos materiais da sede Petrobras, em Vitória



Fonte: as autoras.

A edificação do século XVI (Palácio Anchieta) apresentou uma relação de materiais com limitações, em decorrência da restrição à

utilização de matéria-prima acessível na época. Após a análise deles pelo Ismas, os resultados demonstraram que quase todos os materiais analisados obtiveram índices de sustentabilidade altos. Ainda, foram avaliados os materiais que foram inseridos à edificação ao longo do tempo. A Tabela 2 apresenta os materiais listados por segmento de uso, estando indicados os índices de sustentabilidade e as classificações alcançadas, como também a época da inserção do material à construção.

Tabela 2 – Índice de sustentabilidade dos materiais do Palácio Anchieta

Local	Material	Índice de Sustentabilidade	Classificação
Estrutura	Pedra*	0,40	Alto
	Argamassa de cal*	0,05	Médio
	Madeira*	0,45	Alto
	Concreto ²	0,05	Médio
	Aço ²	0,35	Alto
Vedação	Pedra*	0,40	Alto
	Tijolo cerâmico maciço*	0,30	Alto
	Argamassa de cal*	0,05	Médio
	Bloco de concreto ³	0,05	Médio
	Argamassa de cimento ³	0,05	Médio
Esquadria	Madeira*	0,45	Alto
	Vidro ¹	0,25	Alto
	Ferro Fundido ²	0,45	Alto
Revestimento (Piso)	Granito ³	0,45	Alto
	Mármore ²	0,45	Alto
	Madeira*	0,45	Alto
Cobertura	Ladrilho hidráulico ²	0,55	Alto
	Telha cerâmica*	0,60	Alto

* Séc. XVI e XVII

¹ Início do séc. XX

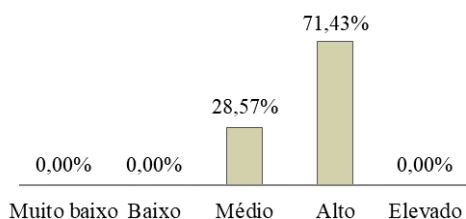
² Década de 1930

³ Final séc. XX/início do séc. XXI

Fonte: as autoras.

Nota-se que materiais usados antes mesmo do conceito da sustentabilidade ser estabelecido apresentaram um bom desempenho, em relação aos impactos gerados, às matérias-primas usadas e à geração de resíduos. O Gráfico 2 apresenta as porcentagens referentes às classificações obtidas pelos materiais avaliados, evidenciando que a grande maioria dos materiais utilizados obteve classificação como alto.

Gráfico 2 – Resultado da avaliação dos materiais do Palácio Anchieta



Fonte: as autoras.

Pode-se observar que muitos materiais usados em diferentes contextos históricos apresentaram índices semelhantes. Tanto materiais usados na edificação do século XVI, quanto materiais mais recentes, usados na edificação do século XXI, apresentaram classificações semelhantes. Assim, antes do tema da sustentabilidade se tornar notável, bem como o surgimento do próprio termo, já se utilizava materiais com características pautadas sob os mesmos conceitos.

A diversidade de materiais existentes, bem como o desenvolvimento e o aprimoramento desses ao longo do tempo têm permitido inúmeras possibilidades na seleção dos materiais. Porém muitos deles não se asseguram nas diretrizes de uma construção sustentável, sendo importante a avaliação de diversos fatores antes de serem selecionados no projeto.

Os resultados apresentaram índices de sustentabilidade diversos, mas mostraram, sobretudo, que materiais utilizados em épocas distintas e com limitações técnicas possuem classificações semelhantes em relação à sustentabilidade. Ressaltou, também, que materiais

mais atuais, associados ao desenvolvimento tecnológico, podem ser elementos importantes na busca por uma construção mais sustentável. Assim, os materiais das edificações foram levantados e avaliados sob os critérios da ferramenta de avaliação adotada, que tem se mostrado como um importante instrumento para a análise dos materiais, por ser baseada em critérios sustentáveis, fornecendo diretrizes que auxiliaram na análise, sobretudo, em relação ao consumo de recursos e à geração de resíduos.

REFERÊNCIAS

BREEAM: BRE Environmental & Sustainability Standard. [S. l.]: BRE Global, 2009.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. *Referencial técnico de certificação Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA: Escritórios e Edifícios escolares*. São Paulo: FCAV, 2007.

GREEN BUILDING COUNCIL OF AUSTRALIA. *Technical manual: green star office design & office as built*. Version 3. Sydney: Green building Council of Australia, 2008.

INTERNATIONAL INITIATIVE FOR A SUSTAINABLE BUILDING ENVIRONMENT (IISBE). [S. l.], 2007. Disponível em: <http://www.iisbe.org/>. Acesso em: 26 nov. 2016.

JOHN, V. M.; DAMINELI, B. L. Materiais. In: CBCS; PNUMA; Ministério do Meio Ambiente. *Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas*. Subsídios para a promoção da Construção Civil Sustentável. [S. l.], 2014. Parte III. p. 72-95. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/aspectos-construcao-sustentavel/show.asp?ppgCode=31E2524C-905E-4FC0-B-784-118693813AC4>. Acesso em: 2 abr. 2016.

JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P.; LIMA, J. A. R. de. *Levantamento do estado da arte: Seleção de materiais*. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. São Paulo: FINEP, 2007. Disponível em: <http://carbonok.com.br/Downloads/Habitacaomais-Sustentavel-D2-4-selecao-materiais.pdf>. Acesso em: 20 maio 2016.

LEED 2009 FOR NEW CONSTRUCTION AND MAJOR RENOVATION. Washington: U.S. Green Building Council, 2009.

Capítulo 29

Paredes verdes: vantagens e desvantagens³⁵

*Mariana Daré Araujo Neves
Daniella do Amaral Mello Bonatto*

35 Link da publicação original: NEVES. Mariana Daré Araujo. *A influência das superfícies vegetadas no conforto térmico: simulações no centro de Vitória-ES*. 2017. 161 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017. Disponível em: https://sappg.ufes.br/tese_drupal//tese_11260_Mariana%20Dar%E9%20Araujo%20Neves.pdf

A formação das cidades brasileiras foi determinada pela infraestrutura existente, sendo assim, seu crescimento foi desenvolvido de forma espalhada, culminando na diminuição de locais de natureza intocada e, consequentemente, reduzindo os locais com áreas verdes. As principais problemáticas relacionadas às mudanças climáticas, como formação de ilhas de calor, aumento da poluição, constantes alagamentos, perda da qualidade e diminuição de água disponível destinada ao consumo, estão intimamente associadas à urbanização das cidades.

Como forma de contribuir para as soluções das questões emergenciais relacionadas aos fatores climáticos, as superfícies vegetadas são uma das alternativas de suprir uma parte da vegetação perdida. Evidentemente, as superfícies com vegetação nos centros urbanos não substituem a arborização urbana, mas complementam a infraestrutura verde e são uma forma de incrementar o uso da vegetação em locais onde não é possível implementar o uso de árvores, como no caso de centros urbanos e locais consolidados.

As “superfícies vegetadas”, também conhecidas como telhado verde ou parede verde, podem conformar corredores verdes, servindo como elementos de mitigação dos problemas ambientais e bioclimáticos nas cidades. As superfícies vegetadas contribuem para a reabilitação urbana e ambiental, trazendo mais resiliência à cidade, melhorando sua “capacidade de [...] absorver impactos e manter suas funções ou propósitos, isto é, sobreviver ou persistir em ambiente com variações, incertezas” (HERZOG, 2013, p. 79).

AS SUPERFÍCIES VEGETADAS, SEUS BENEFÍCIOS E TIPOS

A vegetação como elemento natural inserido na cidade pode ser capaz de promover melhorias no ambiente urbano, principalmente no que se refere à minimização das temperaturas e à promoção do conforto térmico e do bem-estar físico. Entre os benefícios, pode-se citar: controle de radiação solar; aumento da biodiversidade; melhoria estética e bem-estar; controle da poluição: potencial de absorver os poluentes;

melhoria do conforto térmico nas edificações; redução dos níveis de ruído; proteção da estrutura das edificações contra as intempéries e redução das ilhas de calor: as fachadas verdes possuem o potencial de diminuir a temperatura do ar. A Figura 1, a seguir, demonstra o benefício das superfícies vegetadas em melhorar a estética e bem-estar associada ao potencial atenuação de ruídos, da poluição sonora e da redução da temperatura ao redor da edificação.

Figura 1 – Fachada vegetada, em Londres



Fonte: as autoras.

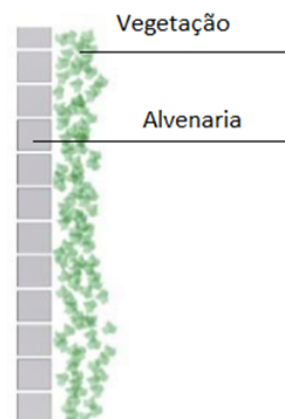
As superfícies vegetadas verticais possuem diferentes tipos e terminologias. As paredes verdes podem ser subdivididas em dois sistemas principais: fachadas verdes e paredes vivas. A distinção entre esses dois sistemas é que, no primeiro, as plantas normalmente crescem ao longo do revestimento de parede e, no segundo, incluem-se materiais e tecnologia para suportar uma variedade de espécies de plantas, criando um crescimento uniforme ao longo da superfície. As paredes vivas surgiram para viabilizar a aplicação das paredes verdes em edifícios altos, permitindo um crescimento mais uniforme ao longo da superfície vertical, além de permitir a inserção de uma variedade de espécies. As fachadas verdes tipo direta tradicionais são constituídas de vegetação enraizada diretamente do solo. Caracterizam-se pela presença de espécies trepadeiras autoaderentes que são capazes de se fixarem diretamente na parede, constituindo um sistema considerado direto (Figura 2 e 3).

Figura 2 – Fachada verde tradicional direto



Fonte: as autoras.

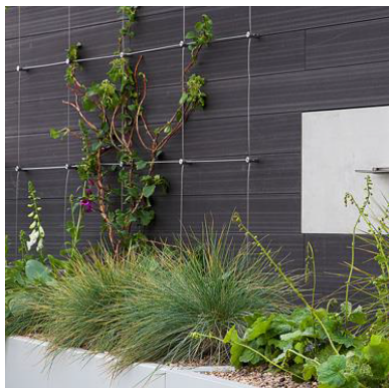
Figura 3 – Corte esquemático – fachada verde tradicional



Fonte: as autoras.

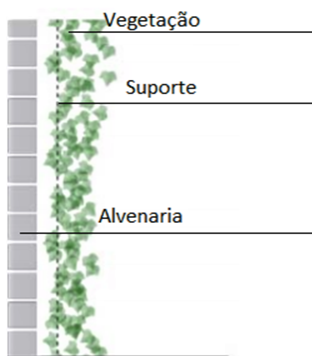
O sistema fachadas verdes tipo indireto necessita de suporte para a vegetação se desenvolver, como guias contínuos ou treliças modulares, sendo chamado de sistema contínuo ou modular. Os contínuos são baseados em uma única guia que dá o suporte para o crescimento da vegetação (Figura 4 e 5).

Figura 4 – Sistema indireto de fachadas verdes indiretas



Fonte: as autoras.

Figura 5 – Corte esquemático – fachada verde tradicional



Fonte: as autoras.

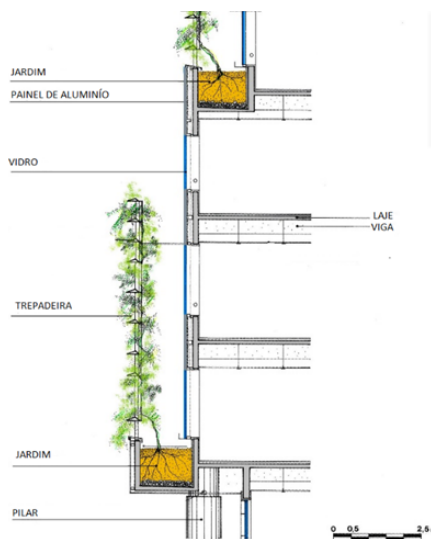
Os sistemas de treliças modulares são soluções semelhantes ao sistema indireto contínuo, porém resultam de vários módulos metálicos para o desenvolvimento das plantas. O edifício Seguro Nacional em Las Condes, em Santiago, utilizara o sistema de fachadas verdes tipo treliça, com uma porcentagem de área verde equivalente a 72,5% da área do terreno (Figura 6 e 7).

Figura 6 – Sistema de fachada verde – Edifício Seguro Nacional, Santiago, Chile



Fonte: as autoras.

Figura 7 – Corte da fachada



Fonte: as autoras.

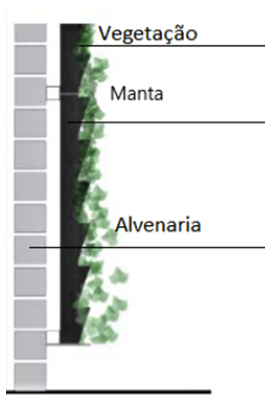
As paredes vivas podem ser compostas por painéis pré-vegetados, por módulos verticais de diversos tipos de materiais constituintes, como plástico e poliestireno expandido ou por geotêxteis plantados. Para realizar a manutenção das plantas, é usado um sistema de nutrição e irrigação automatizada (Figura 8 e Figura 9).

Figura 8 – Sistema de paredes vivas – Edifício no Minhocão, em São Paulo



Fonte: as autoras.

Figura 9 – Corte esquemático



Fonte: as autoras.

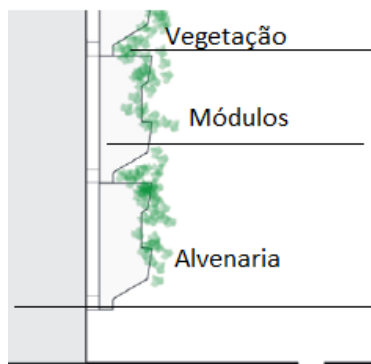
Os painéis tipo cavidade com emprego de módulos de plásticos foram desenvolvidos pela empresa norte-americana GSKy Plant System (Figura 10 e 11).

Figura 10 – Paredes vivas em módulos de plástico



Fonte: as autoras.

Figura 11 – Sistema modular



Fonte: as autoras.

Os componentes especiais dessas tecnologias são: os materiais, a fixação, a impermeabilização, o isolamento, a filtragem e a drenagem, as barreiras de raízes, os substratos e a seleção de plantas específicas para a localização e condições do solo e do clima.

As vantagens do sistema de fachadas verdes é que são capazes de cobrir rapidamente a área com pouca manutenção. Já os sistemas de paredes vivas são vantajosos em casos com pouco espaço para o enraizamento das plantas. A principal vantagem da utilização do sistema da fachada verde, por exemplo, em relação aos outros sistemas, é a possibilidade de aplicação em áreas com janelas, vidros, servindo como elemento de controle solar. Como desvantagens para todos os sistemas, podem ser citados os fatores econômicos, tais como a manutenção e custo de aquisição, e ao fator ambiental, o caso específico: proliferação de fauna indesejada. Em relação aos fatores tecnológicos, como a duração dos materiais e das plantas, podem ser evitados, desde que projetadas de maneira a atender as necessidades do ambiente. Caso não haja a manutenção correta, alguns problemas poderão ocorrer, como a oxidação das estruturas, instabilidade do sistema por peso ou pela ação do vento, rasgos nas mantas, morte de plantas e o surgimento de fungos.

Para o caso das fachadas verdes, o custo inicial é relativamente baixo e deve-se ao fato de as plantas não necessitarem de alto custo de implantação, já que crescem por si só. O custo maior se deve à impermeabilização da parede que servirá de suporte. As plantas trepadeiras, típicas dessa técnica, crescem até uma altura de 20 metros, sendo esse fator um limitante em relação à altura desejada no projeto.

De fato, cada sistema possui características distintas, vantagens e desvantagens, dependendo do potencial estético, custo e manutenção. Verifica-se que existe, portanto, uma série de soluções para a aplicação da técnica de fachadas verdes, variando a possibilidade de inserção em relação ao benefício a ser adquirido.

REFERÊNCIAS

EDIFÍCIO Consorcio Santiago / Enrique Browne + Borja Huidobro. *Archdaily*, [s. l.], 2016. Disponível em: <http://www.archdaily.pe/pe/02-14392/edificio-consorcio-sede-santiago-enrique-browne-borja-huidobro>. Acesso em: nov. 2017.

GALLERY. *Gsky Plant System*. Disponível em: <http://gsky.com/gallery/>. Acesso em: nov 2017.

MARTIN, Y.; KNOOPS, I. *Introduction Aims and goals of a Belgian Green Facade project proposal*. BBRI / ENBRI Workshop, nov. 2014.

PERINI, K. *et al. Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the Building and Environment*. [S. l.]: Elsevier, 2011. p. 2287-2294.

STAINLESS steel solutions. *S3I Group*, [s. l.]. Disponível em: www.s3i.co.uk. Acesso em: 8 jul. 2016.

