

Marília Ramalho
Fontenelle
Ingrid Machado
Esteves
Ana Beatriz Pinheiro
Mendes
Ágatha Machado
Gomes

a

DESCONEXÃO DA PRÁXIS NA PRODUÇÃO CONTEMPORÂNEA DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS MULTIFAMILIARES NO BRASIL: O CONCURSO WEEFOR ARQ SOB A ÓPTICA DO CONFORTO AMBIENTAL

pós- |

RESUMO

Este artigo evidencia a desconexão entre o debate e a produção contemporânea de edifícios residenciais multifamiliares no Brasil, investigando a aplicação do conforto ambiental nos três projetos vencedores do concurso Weefor Arq. Partindo-se de uma análise crítica dos documentos do concurso, avalia-se a adequação das propostas às condicionantes climáticas de Curitiba (ZB1). São realizadas simulações computacionais com os *plug-ins* Ladybug e Butterfly para analisar a radiação solar na envoltória, o sombreamento das sacadas e a ventilação natural externa aos edifícios. Avaliou-se ainda o atendimento às NBRs 15220 e 15575 quanto ao desempenho térmico da envoltória e ao percentual de área de abertura. Os resultados apontam que, embora o concurso expresse clara preocupação com o bem-estar do usuário, na prática, as limitações impostas pelas dimensões do terreno, legislação urbana, número de unidades solicitadas e o despreparo dos arquitetos quanto aos aspectos de conforto ambiental comprometem a aplicação das estratégias bioclimáticas nos projetos. O artigo denuncia os prejuízos gerados aos usuários quando os arquitetos são excluídos da etapa de planejamento do empreendimento.

PALAVRAS-CHAVE

Conforto ambiental. Estratégias bioclimáticas. Edifícios residenciais multifamiliares. Práxis de Arquitetura.



[HTTP://DX.DOI.ORG/10.11606/ISSN.2317-2762.POSFAU.2020.168277](http://dx.doi.org/10.11606/ISSN.2317-2762.POSFAU.2020.168277)

Pós, Rev. Programa Pós-Grad. Arquit. Urban. FAUUSP. São Paulo, v. 27, n. 51, e168277, 2020.

THE DISCONNECTION OF PRAXIS IN THE CONTEMPORARY PRODUCTION OF MULTIFAMILY RESIDENTIAL BUILDINGS IN BRAZIL: AN ENVIRONMENTAL COMFORT APPROACH OF THE WEEFOR ARQ COMPETITION

ABSTRACT

This paper highlights the disconnection between the debate and the contemporary production of multifamily residential buildings in Brazil, investigating the application of environmental comfort in the three winning projects of the Weefor Arq design competition. After a critical analysis of the competition's documents, the projects suitability to the Curitiba's climate conditions (ZB1) is evaluated. Computer simulations are carried out with the plug-ins Ladybug and Butterfly to assess solar radiation in the envelope, the shading of the balconies and the natural ventilation external to the buildings. The compliance with NBRs 15220 and 15575 was also evaluated regarding the envelope's thermal properties and the percentage of opening area. Results emphasize that, although the documents express clear concern with users' well-being, in practice, architects do not succeed in applying the bioclimatic strategies due to the limitations imposed by the plot dimensions, urban legislation, the housing units requested and architects' inability to deal with environmental comfort issues. The paper points out the damage caused to users when architects are excluded from the real estate development stage.

KEYWORDS

Environmental Comfort. Bioclimatic strategies. Multifamily residential buildings. Architecture praxis.

I. INTRODUÇÃO

Há décadas, o conforto ambiental é reconhecido como um aspecto essencial do projeto arquitetônico. Na década de 1960, Victor Olgyay já afirmava que o propósito fundamental da arquitetura consiste em amenizar o estresse da vida e maximizar a energia do homem, o que, na sua óptica, somente pode ser alcançado designando ao edifício o papel de mediador entre o homem e o clima (OLGYAY, 1963).

No Brasil, foram muitos os avanços no debate sobre conforto ambiental desde as primeiras reflexões do final do século XIX (SEGAWA, 2003). Na década de 90, após a criação do Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído (ENCAC), o tema ganhou espaço importante nas grades curriculares dos cursos de Arquitetura e Urbanismo no país, e hoje, compreende até quatro disciplinas obrigatórias em muitas universidades públicas e estaduais (NEVES, RUSCHEL, 2016).

Nas duas últimas décadas, observou-se um esforço significativo em aumentar a qualidade ambiental das edificações residenciais no país, com a criação de normas e regulamentos voltados ao conforto ambiental e eficiência energética, como a NBR 15220, a NBR 15575 e o RTQ-R.

Apesar dos inquestionáveis avanços na área, ainda se observa um proeminente descompasso entre o debate e a prática profissional. É o que Linardi (2017) denomina de “desconexão contemporânea da práxis da arquitetura no Brasil”, isto é, o distanciamento entre o “saber” (debate, teoria) e o “saber fazer” (produção, prática).

Um levantamento das pesquisas sobre conforto ambiental em edifícios residenciais multifamiliares publicadas nos Anais do ENCAC de 2009-2019 aponta o baixo desempenho ambiental dos imóveis construídos no país, resultante do aproveitamento ineficiente da luz e ventilação natural, além da inadequação dos sistemas construtivos aos contextos climáticos locais (Tabela 1).

Tabela 1 – Fatores de desconforto em edifícios residenciais multifamiliares no Brasil, segundo artigos do ENCAC (2009 e 2019).
Fonte: as autoras

PESQUISAS	Ventilação natural insuficiente	Iluminação Natural excessiva	Baixo desempenho térmico da envoltória
LOPES, FONTENELLE, ARAÚJO (2011)			X
ANDRADE, AMORIM (2011)	X		X
PICKLER, BOGO (2015)		X	
LINS, FIRMINO, BATISTA (2017)	X		
PASSOS, LAMENHA, BITTENCOURT (2017)	X		
ZAIN, CARVALHO (2017)			X
GARCIA <i>et al.</i> (2019)			X
SILVA <i>et al.</i> (2019)	X		X
FERREIRA, BATISTA (2019)	X	X	X
TABARELLI <i>et al.</i> (2019)			X
REIS, PAIVA, OLIVEIRA (2019)	X		
FIGUEIRA, KRAI, OLIVEIRA (2019)		X	

Diante desse contexto, surge um questionamento: além da falta de diálogo entre a academia e a prática profissional, quais fatores externos, que não dependem da conscientização e capacitação de nossos profissionais, geram entraves à aplicação do conforto no projeto de arquitetura?

Linardi (2017) faz uma análise da evolução da práxis no campo da arquitetura e urbanismo no Brasil, buscando compreender quais fatores contribuíram para a atual desconexão entre o “saber” e o “saber fazer”. O autor defende que essa problemática tem origem nos três principais elementos que compõem a conjuntura contemporânea: o neoliberalismo, como o principal sistema econômico; a pós-modernidade, como sistema cultural; e o fenômeno da globalização, como sistema político que interfere e organiza os demais sistemas.

No âmbito da arquitetura, essa conjuntura modificou radicalmente a forma de entender e produzir o espaço construído. A padronização dos materiais, processos construtivos e métodos projetuais favorecida pela globalização gerou um terreno fértil para a construção de uma arquitetura universal, atenta aos padrões estéticos da classe hegemônica (LINARDI, 2017).

As plataformas online e redes sociais ressaltam a preferência pela imagem à informação escrita, limitando a análise crítica do espaço, sobretudo quanto à sua adequação às peculiaridades locais. A leitura descontextualizada da arquitetura leva à replicação inadequada de soluções projetuais em contextos climáticos, econômicos e culturais diversos, apenas para conferir o impacto visual desejado às suas obras. Trata-se de um “alto grau de alienação promovida pelo processo de duplo afastamento, de consciência sem ação e ação sem consciência” (LINARDI, 2017, p. 18).

A arquitetura do *Star System*, produzida por celebridades do mundo da arquitetura, consolida sobremaneira essa forma de pensar desvinculada do lugar (LINARDI, 2017), ao alimentar o fetiche por soluções projetuais carregadas de valores simbólicos.

A obra de arquitetura passou a ser vista e projetada como objeto de consumo, especialmente no que se refere a sua aparência externa, agora vinculada a ‘modas e tendências, que mudam rapidamente ao sabor das preferências do mercado consumidor. O aspecto visual da maioria dos edifícios não é mais consequência de um processo projetual baseado em suas próprias leis, mas é determinado de fora por pessoas preocupadas com o seu potencial de venda. (MAHFUZ, 2003, p. 1)

É nesse contexto de culto à imagem que as incorporadoras de empreendimentos de alto padrão encontram um mercado rentável para produzir uma arquitetura que, muitas vezes, prioriza a estética ao bem-estar dos usuários. Não por acaso, surgem cada vez mais escritórios especializados em “arquitetura de fachada”, que são contratados nas etapas finais do projeto para propor uma ‘epiderme’ atraente ao edifício, composta pelos símbolos associados à classe dominante.

Como exemplo, podemos citar alguns lançamentos imobiliários de 2019 em bairros nobres do Rio de Janeiro, como o Dumont 52 (Gávea), Essência (Leblon), Meet (Botafogo) e Urbano (Urca) (INVEXO, 2020). Em comum,

esses imóveis apresentam fachadas compostas por brises verticais em madeira, aparentemente um novo símbolo de status para a sociedade carioca. Uma análise rápida permite verificar que, em alguns casos, esses elementos são meramente decorativos, uma vez que a mesma tipologia de proteção solar é utilizada com dimensionamento e espaçamento padrões para diferentes orientações solares, além de se restringirem a alguns pontos isolados da fachada.

É cada vez mais comum que as incorporadoras imponham condições de trabalho aos arquitetos por meio de encomendas que chegam praticamente prontas ao escritório de arquitetura. Visando maximizar os lucros, predefine-se o número e a área das unidades habitacionais, o programa de necessidades e a proporção entre tipologias habitacionais, as quais geralmente ocuparão um lote cujas dimensões e limitações impostas pela legislação suscitarão muitos desafios ao longo do processo de projeto. Ao ser excluído da tomada de decisão, o arquiteto emprega boa parte do seu tempo a realizar cálculos matemáticos para atender às demandas do incorporador, restando-lhe pouca margem de manobra para resolver questões essenciais da arquitetura, como a qualidade dos espaços e a habitabilidade.

Desse modo, de um profissional considerado importante durante o processo de tomada de decisões, o arquiteto passa a ser um mero executor de decisões tomadas em outras áreas sobre aspectos que antes eram de sua inteira responsabilidade (MAHFUZ, 2003).

Os concursos de projeto de arquitetura representam um respiro às crescentes restrições impostas pelo mercado imobiliário, ao oferecer aos profissionais e estudantes uma oportunidade de exercer seu papel original. Estimulam nos concorrentes o exercício da criatividade e, como um local de debate, reacendem a discussão da quebra de padrões arquitetônicos, em busca de produtos com maior identidade.

No início de 2019, foi lançado o 1º Aberto de Arquitetura - Weefor Arq, um concurso promovido pela incorporadora Weefor (Curitiba/PR) com a organização da ASBEA-PR, o qual se destacou como um dos raros concursos no país a ter como objeto de discussão um empreendimento residencial multifamiliar de alto padrão.

Segundo o edital, “o concurso WEEFOR ARQ busca pensar junto com aquelas mentes que colocam o seu talento à disposição das pessoas, e não à disposição do mercado”. (WEEFOR, 2019a). Tal ênfase suscitou o interesse em investigar até que ponto os projetos vencedores conseguem responder aos preceitos humanísticos do concurso, especialmente no que diz respeito à adequação do edifício ao complexo contexto climático de Curitiba.

O presente artigo tem por objetivo evidenciar a desconexão entre o debate e a produção contemporânea de edifícios residenciais multifamiliares no Brasil, com ênfase na aplicação dos fundamentos de conforto ambiental nos projetos vencedores do concurso Weefor Arq.

¹ Localizada na Zona Bioclimática 1, Curitiba apresenta temperatura média mensal que varia anualmente entre 8° e 27°C e umidade relativa do ar acima de 80%. Essas condições climáticas geram desconforto por calor em 8% das horas do ano, desconforto por frio em 77% das horas do ano e conforto térmico em 15% do ano (MMA, 2020).

Tabela 2 - Estratégias bioclimáticas recomendadas para Curitiba.
Fonte: MMA,

2. METODOLOGIA

2.1. Etapa 1: Análise crítica dos documentos do Weefor Arq

Nessa etapa, o concurso é utilizado como objeto de estudo para ilustrar as ideias apresentadas na fundamentação teórica. Tendo como base as ideias defendidas por Linardi (2017) e Mahfuz (2003), foi realizada uma análise crítica dos documentos fornecidos pelo concurso, tais como o edital, o termo de referência e a ata do júri.

2.2. Etapa 2: Análise dos projetos vencedores

A partir das pranchas dos três primeiros colocados no concurso (WEEFOR, 2019d), foi investigado como os arquitetos integram suas propostas ao contexto climático local, tendo como ponto de partida as quatro estratégias bioclimáticas mais recomendadas para Curitiba-PR¹ (Tabela 2).

Estratégia	Aplicabilidade	
	Verão	Inverno
Inércia térmica para aquecimento	60%	46%
Aquecimento solar passivo	5%	45%
Ventilação natural	21%	4%
Sombreamento	11%	2%

Foi analisada a aplicação das estratégias nos projetos com base na leitura dos memoriais justificativos e em simulações computacionais, utilizando, para essas, o arquivo climático EPW obtido em Ladybug Tools (2019) contendo os dados da estação meteorológica 838420 do INMET. A seguir, são detalhados os demais dados utilizados.

- Modelagem 3D dos edifícios e entorno

Com base nos desenhos apresentados nas pranchas e auxílio do *software* Rhinoceros, foram modelados os edifícios e o entorno imediato. Esse último foi representado apenas pela topografia além de um edifício vizinho alto que terá maiores impactos nas simulações. As edificações foram representadas sem guarda-corpo, brises, cobogós e materiais cujos impactos seriam irrelevantes.

- Análise da radiação solar nas fachadas

Por meio do *software* Grasshopper e seu *plug-in* Ladybug, foram realizadas simulações de radiação solar direta incidente na envoltória dos edifícios, buscando-se identificar se a forma e setorização dos ambientes favorecem o aproveitamento da inércia térmica para aquecimento e aquecimento solar passivo. O intervalo de análise abrange os horários da manhã e da tarde nos dois períodos extremos do ano: verão e inverno.

- Análise do sombreamento nas fachadas

Por meio do *software* Ladybug, são produzidas máscaras de sombra geradas pelas sacadas dos apartamentos para verificar se inviabilizam a inércia térmica

para aquecimento e aquecimento solar passivo. As máscaras indicam os maiores e menores sombreamentos em até seis pontos na fachada, considerando o 6º pavimento, por ser aquele com maior variação de dimensões das sacadas em todos os projetos. Os pontos foram posicionados no centro das aberturas, junto ao piso.

- Análise do desempenho térmico da envoltória

Nessa etapa, com o auxílio da calculadora de propriedades térmicas da plataforma ProjetEEE² (MMA, 2020), calcula-se a transmitância, a capacidade e o atraso térmico das vedações externas, para verificar se atendem às exigências da NBR 15220³ e NBR 15575 para ZB1.

- Análise da ventilação natural externa

Por meio do *software* Grasshopper e o *plug-in* Butterfly, foram realizadas simulações fluidodinâmicas (CFD) para análise do escoamento do ar externamente ao edifício, com o intuito de identificar as fachadas barlavento e sotavento e analisar o potencial de aproveitamento da ventilação natural nos edifícios. A origem dos ventos considerada nas simulações foi de leste, direção dominante em 36% do ano em Curitiba (MMA, 2010) e a mais frequente no verão (21/12 a 21/03), período em que a ventilação natural é desejável.

Para esse estudo, considerou-se uma geometria mais simples dos edifícios e do entorno, contendo apenas sua volumetria básica, de modo a simplificar a etapa de geração da malha. O único obstáculo do entorno incluído foi o edifício vizinho, por apresentar gabarito e implantação com potencial de obstrução dos ventos leste. Ressalta-se que o terreno está localizado em uma cota alta do bairro, não sofrendo interferências de outros obstáculos.

As dimensões do domínio computacional retangular baseiam-se nas recomendações de COST (2007): sendo H_{max} a altura máxima da geometria, adotou-se uma distância de $5H_{max}$ até as paredes superior, laterais e barlavento, e $15H_{max}$ até a parede sotavento.

O perfil de velocidade utilizado segue o modelo ABL (Atmospheric Boundary Layer) descrito por Zhang (2009):

$$u = \frac{u^*}{k} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

Adotou-se uma velocidade (u) de 3 m/s a 10m do solo (z), a constante Von Karman (k) de 0,41 e uma rugosidade do solo (z_0) de 1, correspondendo a uma área urbana densamente construída sem muita variação de altura dos edifícios (LADYBUG TOOLS, 2020).

Uma malha computacional hexaédrica foi gerada para o domínio como um todo e refinou-se a malha próxima aos edifícios por meio do componente *Snappymesh*.

Foram realizadas simulações em regime permanente de escoamento, sendo o ar um fluido incompressível. O modelo de turbulência adotado foi o RNG k-epsilon.

A análise dos resultados baseou-se nos dados de pressão (Pa) e velocidade do ar (m/s) considerando planos horizontais a 10 e 20 m do solo.

² A metodologia de cálculo de materiais adotada pelo PROJETEEE está disponível em http://projeteee.mma.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/Biblioteca_ComponentesConstrutivos-1.pdf

³ Embora a NBR 15220 seja destinada à Habitação de Interesse Social (HIS), optou-se por adotar seus critérios por indicarem parâmetros mínimos de desempenho.

Além das simulações computacionais, foi verificado se o percentual de área de abertura dos ambientes de permanência prolongada atende às exigências da NBR 15220 para a ZB1.

3. RESULTADOS

3.1. Análise crítica dos documentos do Weefor Arq

Em 2019, foi lançado o Weefor Arq, um concurso para contratação de um projeto de empreendimento residencial multifamiliar de alto padrão na cidade de Curitiba. O termo de referência demonstra inquietações em relação a um sistema de produção voltado aos anseios do mercado e não às reais necessidades das pessoas, e constata o necessário reposicionamento do arquiteto no centro das discussões e nas tomadas de decisões projetuais.

A proposta do concurso consistiu na concepção de um empreendimento que priorizasse a sustentabilidade, a tecnologia e o bem-estar, além de sua integração à cidade (WEEFOR, 2019b). O edifício deveria atender às normas e legislações aplicáveis, bem como o cumprimento de parâmetros de conforto e habitabilidade, orientando que “as soluções devem privilegiar o uso de iluminação e ventilação natural em ambientes internos contribuindo para a utilização reduzida de equipamentos consumidores de energia”. (WEEFOR, 2019b, p.14)

O terreno disponibilizado para o projeto apresenta 1.383,60 m² e localiza-se no bairro Água Verde (Figura 1). A legislação prevê taxa de ocupação de 50%, de permeabilidade de até 25%, altura máxima de 8 pavimentos, recuo frontal de 5 metros e afastamentos laterais de acordo com o gabarito.



Figura 1 - Terreno e entorno.
Fonte: Google Earth, 2020.

O empreendimento deveria conter no mínimo 51 apartamentos, sendo 55% com área entre 50 e 55 m², de até 2 dormitórios e os outros 45%, entre 70 e 75 m², de até 3 dormitórios. Todas as unidades deveriam ter sacada.

Estimando-se uma área construída total de cerca de 5.255 m² a ocupar 691,50 m² de projeção horizontal no terreno, calcula-se que o edifício deveria ter aproximadamente 8 pavimentos, o que coincide com o gabarito máximo. Essas limitações antecipam os desafios a serem enfrentados pelos candidatos na definição do partido arquitetônico.

O termo de referência também fixa o sistema construtivo a ser adotado: concreto armado, vedações de alvenaria convencional e divisórias internas em *drywall*. Essa exigência impede que o arquiteto defina os componentes construtivos que melhor se adequem ao contexto climático.

Conclui-se que, apesar da intenção de retomar o papel do arquiteto na tomada de decisões, esse

permanece limitado. As decisões de cunho estritamente econômico tomadas pela incorporadora podem ter um impacto significativo na viabilidade de soluções voltadas para o conforto ambiental e eficiência energética, conforme veremos a seguir.

3.2. Análise dos projetos vencedores

O corpo de júri foi formado por seis avaliadores de áreas distintas de atuação, entre elas o mercado imobiliário, plataformas de arquitetura e arquitetos e urbanistas.

Foram avaliados 87 projetos, dos quais três foram premiados e quatro receberam menções honrosas (WEEFOR, 2019d). O 1º, 2º e 3º lugar são de autoria de Nachtergaele Navarro Arquitetos Associados (São Paulo-SP), Arquitetura Nacional (Porto Alegre-RS) e YVA Arquitetura (Curitiba-PR), respectivamente.

A seguir, será apresentada a análise da efetividade da aplicação das estratégias bioclimáticas nos projetos vencedores.

pós- | 6

3.2.1 Aquecimento solar passivo, inércia térmica para aquecimento e sombreamento

Tendo em vista que as estratégias inércia térmica para aquecimento, aquecimento solar passivo e sombreamento estão intimamente relacionadas à radiação solar incidente na envoltória, decidiu-se iniciar as análises com base nesse parâmetro.

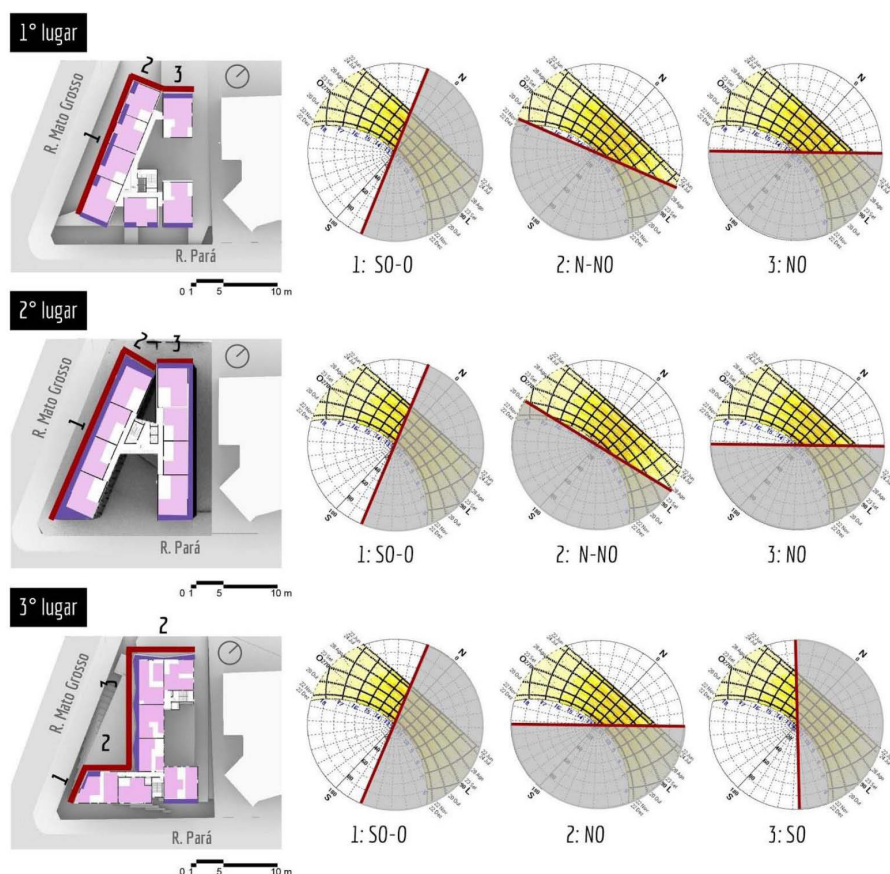
O 1º lugar ressalta em memorial justificativo (WEEFOR, 2019d) que o partido arquitetônico em formato de C e com volumes separados surgiu, dentre outros aspectos, da intenção de favorecer a ventilação natural entre os blocos. O aproveitamento da insolação é apenas citado nas áreas de uso público e livres, como terraços na cobertura.

O discurso do 2º lugar demonstra-se mais centrado nos princípios bioclimáticos, ao ressaltar que “a estratégia primordial no lançamento do partido foi a de criar soluções passivas para melhorar o desempenho da edificação” (WEEFOR, 2019d). No entanto, os estudos de insolação apresentados – sem maiores informações sobre o dia do ano ao qual se referem – evidenciam mais as sombras que a insolação, o que já revela uma desconexão entre o discurso e a prática.

O 3º lugar adota um partido em forma de T para favorecer a conexão de todos os apartamentos com a rua e criar um afastamento visando amortecer a transição de escala entre a rua Mato Grosso e o edifício. No memorial, não há menções de um estudo que favoreça as estratégias bioclimáticas.

A fim de confrontar o discurso e a prática dos arquitetos, foram inicialmente realizados estudos de orientação solar das fachadas com maior potencial de aquecimento solar passivo e inércia térmica para aquecimento, isto é, com mais horas de insolação: fachadas noroeste e sudoeste (Figura 2). A fachada nordeste não foi analisada em função do sombreamento gerado pelo edifício vizinho, conforme será destacado em estudos posteriores.

Figura 2 - Estudo de orientação solar das fachadas. Áreas de permanência prolongada indicadas em rosa e sacadas, em roxo.
Fonte: as autoras.



⁴ Segundo classificação da NBR 15220, essas compreendem sala de estar, dormitórios e cozinha.

Observa-se que todos os projetos apresentam apartamentos voltados para diferentes orientações, favorecendo algumas unidades em detrimento de outras. Por outro lado, verificam-se grandes fachadas voltadas para o sol da tarde, o que, a depender das propriedades da envoltória, pode favorecer a inércia térmica para aquecimento (aplicável o ano todo).

Todas as propostas possuem três fachadas voltadas para as orientações mais favoráveis, nas quais localizam-se a maior parte das áreas de permanência prolongada⁴. A exceção ocorre com as cozinhas que, no 1º e 2º lugar, encontram-se sombreadas pelas circulações comuns, na fachada oposta.

Verifica-se que o partido adotado pelo 3º lugar tem potencial de favorecer o aquecimento solar passivo e inércia térmica para aquecimento em grande parte das unidades (72,5%), pois possui uma área superior de envoltória voltada para as orientações mais favoráveis. Já os partidos do 1º e 2º lugar têm o potencial de beneficiar 66,6% e 63,4% dos apartamentos, respectivamente.

Por outro lado, os resultados das simulações de radiação solar na envoltória mostram que esses potenciais não são totalmente aproveitados, em função da presença das sacadas – um dos elementos exigidos pelo concurso – nas fachadas com maior insolação. A Figura 3 apresenta uma comparação da radiação direta na envoltória com e sem a aplicação de sacadas, no verão e no inverno. Observa-se um excesso de sombreamento e a consequente redução do

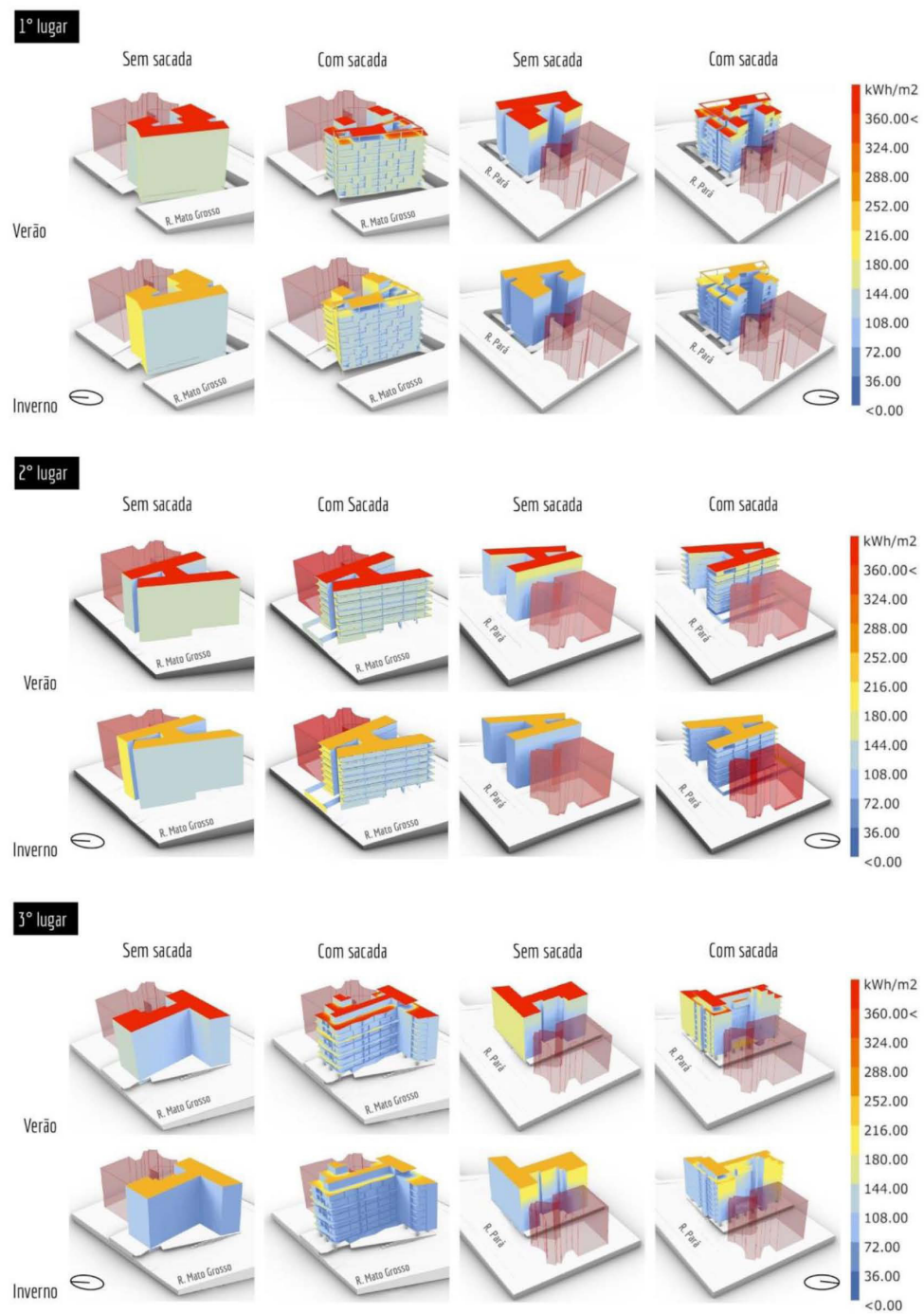


Figura 3 - Simulação de radiação na envoltória com e sem aplicação de sacadas. Período de análise: verão (22/12 a 21/03) e inverno (20/06 a 22/09). Fonte: as autoras.

pós-
II

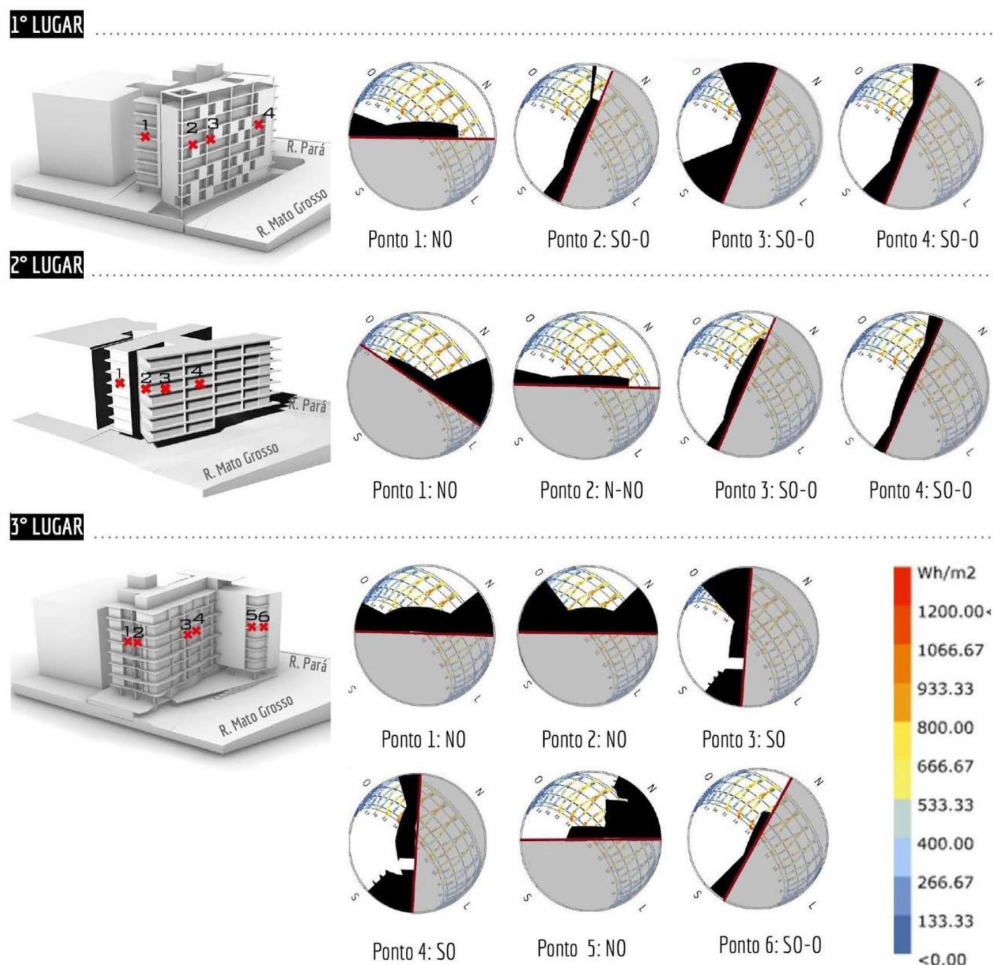


Figura 4 - Máscaras de sombras e horas de exposição à radiação intensa. Fonte: as autoras.

potencial de aquecimento solar passivo sobretudo no inverno, período em que essa estratégia é mais recomendada.

Ressalta-se que, embora a sacada fosse exigida no programa de necessidades do concurso, a opção pelo desenho desses elementos “em fita” pode ter ampliado o efeito de sombreamento das fachadas.

Outro aspecto a ser destacado é o sombreamento gerado pelo entorno nas fachadas nordeste. Essa perda de potencial de insolação é especialmente observada no 2º lugar, visto que metade das unidades apresenta sombreamento indesejável nas áreas de permanência prolongada.

Os auto-sombreamentos observados em todos os edifícios também podem prejudicar o conforto térmico em algumas unidades. Ressaltam-se o bloqueio solar gerado pela forma em T do 3º lugar, cujo avanço de volume em direção à rua Mato Grosso gera um sombreamento na fachada sudoeste (SO), sobretudo no inverno.

Para verificar o tempo de radiação em que as aberturas são submetidas, foram analisadas as máscaras de sombra geradas pelas proteções e suas interferências na aplicação das estratégias bioclimáticas, considerando as horas de exposição intensa entre 9h e 16h (Figura 4).

No 1º lugar, além das sacadas, o avanço de alguns quartos até o alinhamento da varanda causa um sombreamento nas aberturas à sudoeste-oeste. Embora haja um aproveitamento da radiação solar na fachada noroeste durante o inverno, essa possui a minoria de unidades, o que se repete no 2º lugar. Somada a esses fatores, há a influência de brises e painéis fixos presentes no 1º e 3º lugar.

Na Tabela 3, ficam claras as perdas de aproveitamento da radiação solar para aquecimento passivo e inércia térmica para aquecimento no inverno pela presença da sacada. Para o período do verão, o sombreamento pode ser benéfico para as superfícies transparentes, mas prejudiciais para as superfícies opacas, em função da dependência da radiação solar para a inércia térmica para aquecimento, também desejável nessa época do ano.

Tabela 3 – Horas de exposição intensa à radiação solar. Fonte: as autoras.

Proposta	Ponto	Inverno			Verão		
		Sem sacada	Com sacada	Redução (%)	Sem sacada	Com sacada	Redução (%)
1º lugar	1	6	6	0	4	2	50
	2	3	2	33	4	2	50
	3	3	-	100	4	2	50
	4	3	1	67	4	3	25
2º lugar	1	7	4,5	36	4	1	75
	2	7	6	14	5	3	40
	3	2,5	2	20	3,5	3	14
	4	2,5	1,5	40	3,5	3	14
3º lugar	1	7	4	43	4	1	75
	2	7	3,5	50	4	-	100
	3	1	-	100	3,5	2	43
	4	1	-	100	3,5	2	43
	5	7	3	57	3,5	2,5	29
	6	2,5	2,5	0	3,5	3	14

Para avaliar o emprego adequado da inércia térmica, além da radiação solar incidente, foi verificada as propriedades termofísicas das superfícies opacas que, no caso das vedações verticais externas, deveriam ser compostas por alvenaria convencional de tijolos cerâmicos (WEEFOR, 2019b). Aparentemente, todos os projetos seguem essa exigência, incluindo uma camada extra de revestimento externo em alguns trechos: o 1º lugar acrescenta telha de alumínio, o 2º lugar, azulejo e madeira e o 3º lugar, ardósia.

A Tabela 4 apresenta as propriedades termofísicas dos componentes construtivos da envoltória. Considerou-se uma alvenaria de bloco cerâmico (14 x 9 x 24 cm), revestimento externo de argamassa (2,5 cm) e interno em argamassa (2,5 cm) e gesso (1 cm). Na ausência de detalhamento da composição do 1º lugar, foram analisadas algumas possibilidades.

Tendo em vista as recomendações para a ZB1 – $U \leq 2,5 \text{ W/m}^2\text{.K}$, $CT \geq 130 \text{ kJ/m}^2\text{.K}$ (ABNT, 2013) e $j \leq 4,3 \text{ h}$ (ABNT, 2003) – conclui-se todos os componentes construtivos opacos atendem às normas no que diz respeito à capacidade térmica e transmitância térmica. Alguns não atendem ao atraso

Tabela 4 – Propriedades termofísicas dos componentes construtivos. Fonte: as autoras.

Proposta	Vedações verticais	Espessura total (cm)	Atraso Térmico ϕ (horas)	Capacidade Térmica CT (kJ/m ² .K)	Transmitância Térmica U (W/m ² .K)
Geral	Alvenaria de tijolo cerâmico (15 cm)	15	3,6	148,1	2,3
	Vidro monolítico incolor	0,6	0,2	12,6	5,7
	Vidro insulado incolor (vidros 0,6 cm)	2	0,4	25,2	0,5
1º lugar	Alvenaria de tijolo cerâmico (15 cm) + telha de alumínio ondulada (3 cm)	18	4,0	151,7	2,1
	Alvenaria de tijolo cerâmico (15 cm) + câmara de ar com fluxo horizontal (2 cm) + telha de alumínio ondulada (3 cm)	20	5,1	151,7	1,6
	Alvenaria de tijolo cerâmico (15 cm) + telha de alumínio com poliestireno (6 cm)	21	14,1	159,3	0,7
2º lugar	Alvenaria de tijolo cerâmico (15 cm) + azulejo (1 Cm)*	16	4,1	161,9	2,1
	Alvenaria de tijolo cerâmico (15 cm) + madeira (1 cm)	16	4,9	156,1	2,0
3º lugar	Alvenaria de tijolo cerâmico (15 cm) + ardósia (1 cm)	16	4,1	168,9	2,3

*Na ausência desses materiais na calculadora do ProjeetEEE, esses foram substituídos por materiais equivalentes. A cerâmica substituiu o azulejo e o granito substituiu a ardósia.

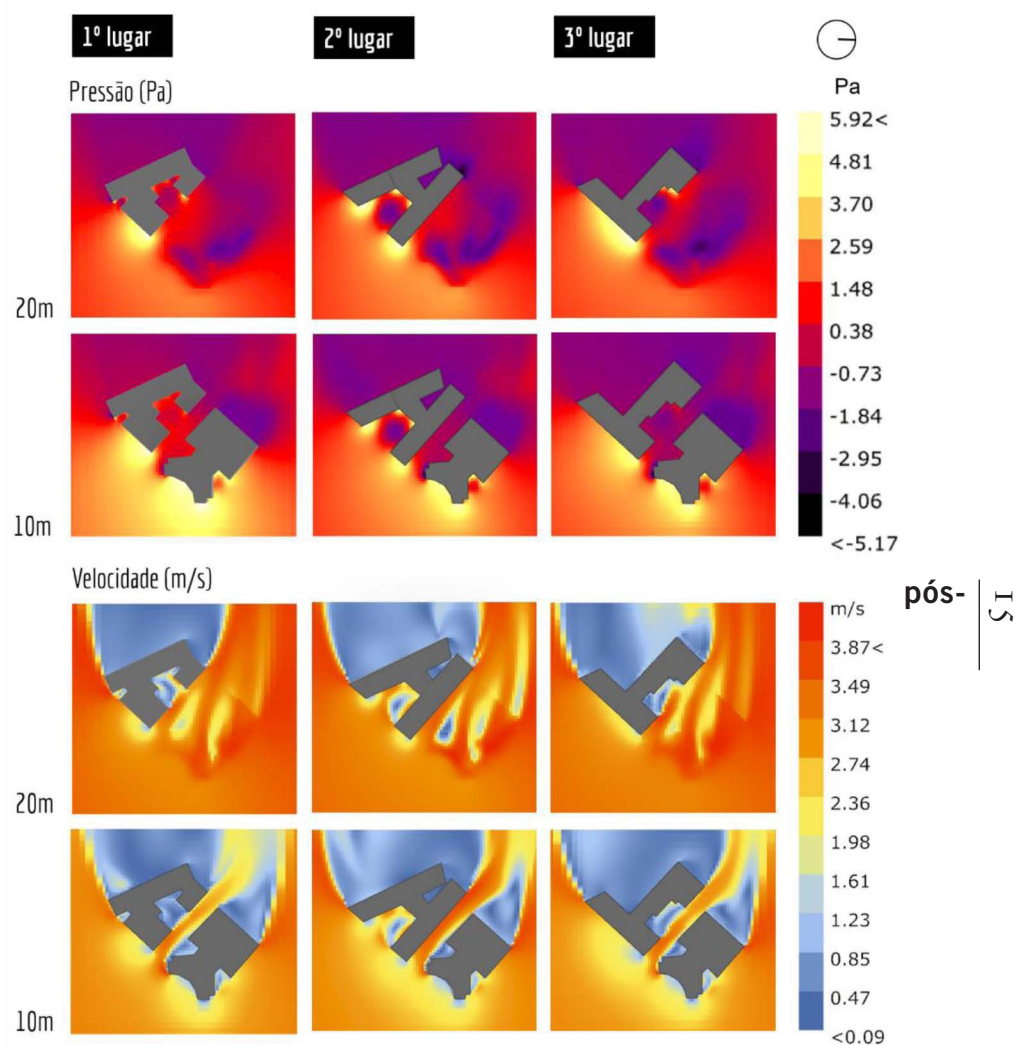
térmico máximo, entretanto, esse parâmetro é questionável, visto que, a depender da orientação da fachada, um atraso térmico maior pode ser desejável para aquecer os ambientes durante a noite e a madrugada.

Por outro lado, salienta-se que nas três propostas, as fachadas que recebem o sol da tarde – sudoeste, sudoeste-oeste, noroeste e norte-noroeste – apresentam extensas superfícies de vidro, material inadequado para a inércia térmica para aquecimento por apresentar baixa capacidade e atraso térmico.

3.2.2. Ventilação natural

Nos memoriais justificativos foram ressaltadas algumas soluções adotadas para aproveitar a ventilação natural. A composição formal fragmentada adotada pelo 1º lugar visou favorecer a circulação de ventos secundários nas circulações comuns do pavimento tipo. Os arquitetos ressaltam a inclusão de *shafts* de ventilação junto aos banheiros e cozinha, entretanto, não detalham como solucionam a ventilação cruzada nas unidades habitacionais. O 2º lugar não faz menção a essa estratégia bioclimática. Já o 3º lugar destaca que “os apartamentos apresentam aberturas em paredes opostas ou adjacentes, de forma a promover a ventilação cruzada e iluminação natural ao longo do dia” (WEEFOR, 2019d). Embora a estratégia adotada amplie o diferencial de pressão entre aberturas, Bittencourt e Cândido (2008) alertam que a localização dessas em função da direção do vento dominante é de fundamental importância para assegurar a eficiência da ventilação natural.

Figura 5 - Incidência dos ventos leste nos edifícios no verão (21/12 a 21/3). Fonte: as autoras



Os resultados das simulações computacionais demonstram que o prédio vizinho gera uma obstrução significativa dos ventos leste, conforme previsto (Figura 5). Aparentemente, não foram adotadas estratégias de implantação para livrar os edifícios da área de sombra de vento gerada pelo entorno, o que decorre, possivelmente, da falta de flexibilidade imposta pelas condicionantes de projeto.

Observa-se que a fachada mais favorável à ventilação natural pela ação dos ventos é a sudeste, que está à barlavento. Todas as propostas apresentam apartamentos voltados para essa fachada.

A captação secundária dos ventos leste pode ocorrer também na fachada nordeste. Em todos os projetos, essa fachada é mais beneficiada no último pavimento (20m do solo), quando o edifício vizinho não gera mais obstáculos aos ventos. Observa-se ainda um potencial ampliado de captação nas unidades de esquina das fachadas sudeste e nordeste. Isso ocorre porque a forma chanfrada do edifício vizinho direciona o escoamento para essa extremidade

Tabela 5 – Percentual de área de abertura nos ambientes de permanência prolongada.
Fonte: as autoras.

Ambiente de permanência prolongada	1º lugar		2º lugar		3º lugar		NBR 15220
	Min (%)	Máx (%)	Min (%)	Máx (%)	Min (%)	Máx (%)	
Dormitório	29	78	75	77	18	154	15-25
Cozinha	13	40	37	50	14,4	130	
Sala	65	112	32,5	33	26,6	79,2	

nos três edifícios. Entretanto, uma vez incidindo nessa fachada, parte dos ventos são captados e parte são redirecionados, sofrendo efeito de canalização entre o edifício e o entorno. Nesse último caso, como os ventos escoam paralelamente à fachada nordeste, suas condições de ingresso nos apartamentos mais ao fundo tornam-se cada vez mais complexas, conforme apontam Bittencourt e Cândido (2008).

Enfatiza-se que as formas adotadas nos três projetos geram sombra de vento em alguns trechos, o que amplia as fachadas à sotavento.

Somando as captações pela fachada sudeste e nordeste, calcula-se um total de 43% de unidades com potencial de captação dos ventos dominantes nas propostas do 1º e 3º lugar, e 27%, na proposta do 2º lugar.

Considerando as exigências da NBR 15220 quanto ao percentual de abertura dos ambientes de permanência prolongada, constata-se nas três propostas um excesso de superfícies envidraçadas na envoltória, sendo até seis vezes maior que o recomendado (Tabela 5). Embora aberturas generosas possam favorecer a ventilação natural, a norma limita a área de vidro da envoltória para esse contexto climático para evitar trocas expressivas de calor com o meio exterior.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa evidencia como a conjuntura contemporânea – neoliberal, pós-moderna e globalizada – vem contribuindo para o distanciamento entre o debate e a prática da arquitetura bioclimática no Brasil.

O Concurso Weefor Arq é um exemplo claro de como o compromisso com a qualidade dos espaços e habitabilidade ainda esbarra em entraves gerados pela maximização do lucro.

Embora os documentos do concurso tenham ressaltado a importância do conforto ambiental, as condicionantes de projeto pré-estabelecidas, sobretudo as dimensões e forma do terreno, a legislação urbana e o número exigido de unidades habitacionais não oferecem grande flexibilidade no lançamento de um partido que favoreça as condições de conforto em todas ou em pelo menos grande parte das unidades habitacionais. Diante dessas limitações, parece inevitável orientar os apartamentos para diferentes orientações solares, solução essa que gera grandes prejuízos para o desempenho ambiental da edificação.

As análises dos projetos revelam que os partidos arquitetônicos adotados pelo 1º, 2º e 3º lugar tem potencial de favorecer o aquecimento solar passivo e inércia térmica para aquecimento em respectivamente 66%, 63% e 72% das unidades. Por outro lado, esses potenciais não são totalmente aproveitados em função da presença das sacadas, que geram um sombreamento indesejável em

até 100% das horas de exposição solar intensa no inverno. Assim, embora os componentes construtivos opacos adotados atendam às normas no que diz respeito à capacidade térmica e transmitância térmica, o potencial de inércia térmica para aquecimento não é totalmente explorado pelas propostas. Verificou-se ainda que 43% de unidades habitacionais apresenta potencial de captação dos ventos dominantes nas propostas do 1º e 3º lugar, e 27%, na proposta do 2º lugar, o que é resultado de uma obstrução significativa pelo prédio vizinho e da geração de sombras de vento pelas formas adotadas.

Não se deve excluir a responsabilidade dos arquitetos na exploração ineficiente dos ventos e da radiação solar nas propostas apresentadas. Os memoriais justificativos revelam, em alguns casos, um despreparo dos arquitetos em efetivamente adequar o edifício ao clima, em outros, uma clara negligência desse importante aspecto no processo projetual.

As análises indicam que o arquiteto tem muito a contribuir nas etapas de planejamento do empreendimento, incluindo a escolha do terreno, a definição do programa de necessidades e do número e área das unidades habitacionais. Não o incluir nesse processo decisório é ignorar sua habilidade de visualizar o problema de forma holística e antecipar entraves à adequação do edifício às condicionantes climáticas locais.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Edificações habitacionais – Desempenho*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ANDRADE, Juliana; AMORIM, Cláudia Naves David. Avaliação do nível de eficiência energética da envoltória em edificações multifamiliares em Brasília. In: XI ENCAC e VII ELACAC, 2011, Búzios. *Anais...BÚZIOS*: UFRJ, 2011.
- BITTENCOURT, Leonardo; CÂNDIDO, Christina. *Introdução à ventilação natural*. 3a edição. Maceió: EdUFAL, 2008, 173p.
- COST. *Best Practice guidelines for the FD simulation of flows in the urban environment*. Brussels: COST Office, 2007.
- FERREIRA, Myrian Patrícia Tenório; BATISTA, Juliana Oliveira. Desempenho térmico de habitação multifamiliar de interesse social: estudo de caso e Maceió-AL. In: XV ENCAC e XI ELACAC, 2019, João Pessoa. *Anais...João Pessoa*: IESP, UFPB, 2019.
- FIGUEIRA, Amanda da Cunha.; KRAI, Bianca de Andrade; OLIVEIRA, Maria Fernanda de. Simulação computacional de iluminação natural: análise da influência do entorno, vidros e revestimentos internos. In: XV ENCAC e XI ELACAC, 2019, João Pessoa. *Anais...João Pessoa*: IESP, UFPB, 2019.
- GARCIA, Jayne; HACKENBERG, Ana Mirthes; HENNING, Elisa; GARCIA, Janine. Análise do desempenho termoenergético da envoltória em habitações multifamiliares de interesse social de Joinville/SC. In: XV ENCAC e XI ELACAC, 2019, João Pessoa. *Anais...João Pessoa*: IESP, UFPB, 2019.
- GOOGLE. Google Earth. 2020. Disponível em: <<https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em 24 mar. 2020.
- LADYBUG TOOLS. EPWMap - Ladybug tools. Disponível em: <<https://www.ladybug.tools/epwmap/>>. Acesso em 10 set. 2019.
- LADYBUG TOOLS. Ladybug tools - Butterfly. Disponível em: <<https://www.ladybug.tools/butterfly.html>>. Acesso em: 24 mar 2020.

- LINARDI, Fabrício de Francisco. *A desconexão contemporânea da prática da arquitetura e do urbanismo no Brasil*. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2017. Disponível em: <<http://tede.bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br:8080/jspui/handle/tede/1063>>. Acesso em: 30 mar 2020.
- LINS, Dandara L. de M. S.; FIRMINO, Lorena B.O.; BATISTA, Juliana O. Conforto térmico de um edifício multifamiliar em Maceió/AL. In: XIV ENCAC e X ELACAC, 2017, Balneário Camboriú. *Anais...BALNEÁRIO CAMBORIU*: UNIVALI, 2017.
- LOPES, Tiago Farias; FONTENELLE, Marília Ramalho; ARAÚJO, Bianca Carla Dantas. Desempenho térmico da fachada de um edifício multifamiliar com pintura na cor preta em Fortaleza, CE. In: XI ENCAC e VII ELACAC, 2011, Búzios. *Anais...BÚZIOS*: UFRJ, 2011.
- MAHFUZ, Edson. ISO 9000: o novo fetiche dos arquitetos. *Arquitextos*, ano 3, n. 034.06. São Paulo: Vitruvius, 2003. Disponível em: <<http://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/03.034/703>>. Acesso em: 10 fev 2020.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. *ProjetEEE*. Disponível em: <<http://projeteem.mma.gov.br/>> Acesso em: 24 mar 2020.
- NEVES, Letícia; RUSCHEL, Regina Coeli. Um panorama sobre a temática do conforto ambiental. *PARC – Pesquisa em Arquitetura e Construção*, v. 7, n. 4, p. 198-201, 2016.
- OLGYAY, Victor. *Design with climate*. Bioclimatic approach to architectural regionalism. New Jersey: Princeton University Press, 1963, 190p.
- PASSOS, Isabela C. S.; LAMENHA, Melyna A.; BITTENCOURT, Leonardo S. Análise de pressões externas em edifício residencial multifamiliar para fins de ventilação natural. In: XIV ENCAC e X ELACAC, 2017, Balneário Camboriú. *Anais...BALNEÁRIO CAMBORIU*: UNIVALI, 2017.
- PICKLER, Isadora; BOGO, Amílcar J. Análise das estratégias arquitetônicas de conforto ambiental presentes em projetos de edificações verticais em Blumenau – SC. In: XIII ENCAC e IX ELACAC, 2015, Campinas. *Anais....* Campinas: USP, 2015.
- REIS, Bruno Mozelli de Oliveira; PAIVA, Carolina Almeida; OLIVEIRA, Raquel Diniz. Classificação de eficiência energética aplicada a uma edificação residencial em Belo Horizonte. In: XV ENCAC e XI ELACAC, 2019, João Pessoa. *Anais...João Pessoa*: IESP, UFPB, 2019.
- SEGAWA, Hugo. Clave de Sol: notas sobre a história do conforto ambiental. *Revista Ambiente Construído*, v. 3, n. 2, p. 37-46, 2003.
- SILVA, Janeth Vieira da; GONTIJO, Margaret Cristina Pinheiro de Matos; PEREIRA, Marília Tanure Caram; VELOSO, Ana Carolina de Oliveira; SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de Souza. Avaliação de intervenções para melhoria do conforto térmico em uma edificação residencial multifamiliar naturalmente ventilada em Belo Horizonte, Brasil. In: XV ENCAC e XI ELACAC, 2019, João Pessoa. *Anais...João Pessoa*: IESP, UFPB, 2019.
- TABARELLI, Gliceli; SANTOS, Joaquim Cesar Pizzuti dos; OTTONI, Tobias Pigatto; ZAT, Tuani; GARLET, Liège. Desempenho térmico de uma edificação multifamiliar localizada na Zona Bioclimática Brasileira 2 utilizando cobertura de telhas de fibrocimento. In: XV ENCAC e XI ELACAC, 2019, João Pessoa. *Anais...João Pessoa*: IESP, UFPB, 2019.
- WEEFOR. *Edital - 1º Aberto de arquitetura WeeFor Arq.* 2019a. Disponível em: <<https://weefor.arq.br/concurso/>>. Acesso em 25 mar 2020.
- WEEFOR. *Termo de referência - 1º Aberto de arquitetura WeeFor Arq.* 2019b. Disponível em: <<https://weefor.arq.br/concurso/>>. Acesso em 25 mar 2020.
- WEEFOR. *Ata do júri - 1º Aberto de arquitetura WeeFor Arq.* 2019c. Disponível em: <<https://weefor.arq.br/concurso/>>. Acesso em 25 mar 2020.
- WEEFOR. *Projetos premiados - 1º Aberto de arquitetura WeeFor Arq.* 2019d. Disponível em: <<https://weefor.com.br/weefor-arq/>>. Acesso em 25 mar 2020.
- ZAIN, Júlia Vitoria Dallabona; CARVALHO, Carolina Rocha. Estudo de estimativa de custo para obtenção da etiqueta PBE Edifica em um empreendimento residencial multifamiliar na cidade de Balneário Camboriú-SC. In: XIV ENCAC e X ELACAC, 2017, Balneário Camboriú. *Anais...BALNEÁRIO CAMBORIU*: UNIVALI, 2017.
- Zhang, Xiadong. *CFD simulation of neutral ABL flows*. Denmark: Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi, 2009.

Nota do Editor

Data de submissão: 30/03/2020

Aprovação: 03/11/2020

Revisão: RMO

Marília Ramalho Fontenelle

Universidade Federal Fluminense. Escola de Arquitetura e Urbanismo.

R. Passo da Pátria, 156 - Campus Praia Vermelha - São Domingos, Niterói - RJ,

CEP: 24210-240

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7439-3044>

mariliafontenelle@id.uff.br

Ingrid Machado Esteves

Universidade Federal Fluminense. Escola de Arquitetura e Urbanismo.

R. Passo da Pátria, 156 - Campus Praia Vermelha - São Domingos, Niterói - RJ,

CEP: 24210-240

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2437-781X>

ingridesteves@id.uff.br

Ana Beatriz Pinheiro Mendes

Universidade Federal Fluminense. Escola de Arquitetura e Urbanismo.

R. Passo da Pátria, 156 - Campus Praia Vermelha - São Domingos, Niterói - RJ,

CEP: 24210-240

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9464-4741>

beatriz_mendes@id.uff.br

Ágatha Machado Gomes

Universidade Federal Fluminense. Escola de Arquitetura e Urbanismo.

R. Passo da Pátria, 156 - Campus Praia Vermelha - São Domingos, Niterói - RJ,

CEP: 24210-240 Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0871-5943>

agathagomes@id.uff.br