

# Ventilação natural: estratégia de conforto térmico e eficiência energética para uma edificação residencial multifamiliar em Formosa (GO)

*Natural ventilation: thermal comfort and energy efficiency strategy for a multi-family residential building in Formosa (GO)*

*Ventilación natural: estrategia de confort térmico y eficiencia energética para un edificio residencial plurifamiliar en Formosa (GO)*

---

**Larissa Angueth\*** 

Universidade de Brasília; Faculdade de Arquitetura e Urbanismo; Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo.  
Brasília (DF), Brasil.  
larissa.angueth@gmail.com

**Gustavo de Luna Sales** 

Universidade de Brasília; Faculdade de Arquitetura e Urbanismo; Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo.  
Brasília (DF), Brasil.

---

\* Autora correspondente.

---

## CRediT

**Contribuição de autoria:** Concepção; Redação – rascunho original; Redação – revisão e edição: ANGUETH, L.; Supervisão; Redação – revisão e edição: SALES, G. L.

**Conflitos de interesse:** Os autores certificam que não há conflito de interesse.

**Financiamento:** Não se aplica.

**Aprovação de ética:** Não se aplica.

**Uso de I.A.:** Os autores certificam que não houve uso de inteligência artificial na elaboração do trabalho.

**Editores responsáveis:** Daniel Sant’Ana (Editor-Chefe); Caio Frederico e Silva (Editor Associado); Lucidio Gomes Avelino Filho (Assistente editorial).

---

## Resumo

A ventilação natural, enquanto estratégia passiva, visa proporcionar ambientes com conforto e salubridade, atrelados à redução do consumo de energia. Diante disso, o objetivo dessa pesquisa é analisar a influência da ventilação natural no desempenho térmico de uma edificação residencial multifamiliar e o seu impacto no consumo energético. Os procedimentos metodológicos contemplam simulações computacionais com o uso do *software EnergyPlus* para avaliar o percentual de horas de conforto e a quantidade de renovações de ar por hora dos ambientes de permanência prolongada da edificação. Os resultados mostram que o sombreamento das aberturas associado a uma redução do tamanho das esquadrias apresenta influência positiva quanto ao conforto térmico. Além disso, mesmo com redução da área útil de ventilação, a qualidade do ar foi mantida em todos os ambientes analisados. Quanto à eficiência energética, o percentual de conforto encontrado para o melhor cenário corresponde a uma redução de 67,9% no consumo de energia e representa uma possibilidade de conforto sem o uso de aparelhos de condicionamento de ar.

**Palavras-Chave:** Edifícios residenciais; Arquitetura bioclimática; Renovações de ar por hora; Percentual de horas de conforto; Simulação computacional.

## Abstract

As a passive strategy, natural ventilation aims to provide comfortable and healthy environments, reducing energy consumption in buildings. This research aims to analyze the influence of natural ventilation on thermal performance and energy consumption in a multifamily residential building. The methodological procedures include computer simulations using the EnergyPlus software to assess the hours (in percentage) of comfort and the number of air changes per hour in the building's extended stay environments. The results show that the shading of the openings associated with a reduction of openings size has a positive influence on thermal comfort. Even with a reduction in the usable ventilation area, it was maintenance in indoor air quality in all analyzed environments. Furthermore, the comfort percentage found for the best scenario corresponds to a 67,9% reduction in energy consumption and represents a possibility of comfort without using air conditioning devices.

**Keywords:** Residential buildings; Bioclimatic architecture; Air exchange rate; Comfort index; Computer simulation.

## Resumen

La ventilación natural, como estrategia pasiva, tiene como objetivo proporcionar ambientes cómodos y saludables, ligados a la reducción del consumo energético. Por tanto, el objetivo de esta investigación es analizar la influencia de la ventilación natural en el comportamiento térmico de un edificio residencial multifamiliar y su impacto en el consumo energético. Los procedimientos metodológicos incluyen simulaciones por computadora que utilizan el *software EnergyPlus* para evaluar el porcentaje de horas de confort y el número de cambios de aire por hora en los entornos de estancias prolongadas del edificio. Los resultados muestran que el sombreado de las aberturas asociado con una reducción en el tamaño de los marcos tiene una influencia positiva en el confort térmico. Además, incluso con una reducción en el área de ventilación utilizable, la calidad del aire se mantuvo en todos los ambientes analizados. En cuanto a la eficiencia energética, el porcentaje de confort encontrado para el mejor escenario corresponde a una reducción del 67,9% en el consumo de energía y representa una posibilidad de confort sin el uso de dispositivos de aire acondicionado.

**Palabras clave:** Edifícios residenciais; Arquitectura bioclimática; Renovaciones de aire por hora; Porcentaje de horas de confort; Simulación computacional.

## 1 Introdução

A ventilação natural pode ser entendida como a renovação de ar no ambiente, com grande importância tanto para a qualidade do ar interno quanto para o conforto térmico, principalmente em regiões de clima quente. Essa movimentação de ar ocorre no interior dos edifícios pela ação dos ventos por meio das diferenças de pressão e de densidade (Frota; Schiffer, 2001).

Os primeiros estudos que trataram sobre a importância da ventilação natural surgiram com o objetivo de assegurar a qualidade do ar. Nesse sentido, a introdução de ar limpo nos ambientes visa promover a remoção de poluentes do ar e reduzir a exposição de seus ocupantes às substâncias nocivas à saúde. Uma das formas de assegurar essa qualidade aos espaços internos é por meio da adequada renovação de ar destes ambientes (Bittencourt; Cândido, 2010; Sales, 2016)

Além disso, a ventilação natural representa uma estratégia bioclimática significativa para alcançar os níveis adequados de conforto térmico (Bittencourt; Cândido, 2006). Por isso, a sua adoção é recomendada em, aproximadamente, 90% do território nacional, uma vez que a NBR 15220-3 isenta, apenas, a zona bioclimática 1 dos benefícios da ventilação natural (ABNT, 2003). Assim, por se tratar de uma estratégia bioclimática passiva<sup>1</sup>, a ventilação natural mantém uma relação direta com a sustentabilidade do ambiente construído e pode reduzir significativamente o custo energético da edificação (Rodrigues, 2008; Romero *et al.*, 2021).

Outro ponto importante é a retomada do debate arquitetônico quanto à conscientização dos limites dos recursos energéticos mundiais. Sob essa ótica, a arquitetura bioclimática, como forma de construir que aproveita os recursos naturais existentes e satisfaz as necessidades humanas de conforto, passou a ser relacionada à produção de espaços com alta eficiência energética (Neves, 2006). Por isso, é fundamental que as edificações proporcionem conforto ambiental atrelado à redução do consumo energético, por meio da adoção de estratégias bioclimáticas como procedimento fundamental. Essas diretrizes devem nortear as decisões de projeto e proporcionar soluções eficientes do ponto de vista energético e de redução dos impactos ambientais (Almeida, 2009).

Dada a importância do aproveitamento da ventilação natural, enquanto recurso bioclimático, o presente artigo tem como objetivo analisar, a partir de um estudo de caso, a influência da ventilação natural no desempenho térmico de uma edificação residencial multifamiliar e o seu consequente impacto no consumo energético.

## 2 Referencial Teórico

Diante do objetivo proposto, faz-se necessário o entendimento teórico sobre conceitos essenciais. Assim, referências relacionadas à eficiência energética, às estratégias bioclimáticas e ao conforto da edificação foram levantadas para subsidiar as análises

---

<sup>1</sup> A arquitetura bioclimática pode ser entendida como uma forma de projetar, que integra as condições naturais do local para possibilitar níveis adequados de conforto físico e mental dentro do espaço construído (Correa, 2002). Assim, se relaciona à produção de espaços com alta eficiência energética que reduzem, ao máximo, a necessidade de uso de sistemas mecânicos para obtenção do conforto ambiental do espaço construído (Neves, 2006).

propostas.

## 2.1 Ventilação Natural e Conforto Térmico

A ventilação natural ocorre quando há deslocamento de ar no interior da edificação por meio das aberturas existentes, que funcionam como local de entrada e saída de ar. Para isso, é necessário que as aberturas estejam dimensionadas e posicionadas corretamente, de modo que seja possível gerar um fluxo de ar adequado. Esse fluxo depende da diferença de pressão do ar que existe entre os ambientes externos e internos, da resistência oferecida pelas aberturas, além das obstruções internas e demais implicações relacionadas à incidência do vento na edificação. Assim, a ventilação natural pode ocorrer no interior dos edifícios pela ação dos ventos, através das diferenças de pressão, e pela diferença de densidade mediante o chamado “efeito chaminé” (Frota; Schiffer, 2001).

As diferenças de pressão podem ser causadas pela ação dos ventos. Nesse sentido, a parede exposta aos ventos predominantes está sujeita a pressão positiva, enquanto as que não estão expostas sofrem pressão negativa. Essa situação proporciona a ação dos ventos no interior dos ambientes através da presença de aberturas nas paredes de pressão positiva, para a entrada do vento, e nas paredes de pressão negativa, para a saída. Além disso, a pressão exercida sobre um determinado ponto também depende da velocidade do vento e do seu ângulo de incidência (Frota; Schiffer, 2001).

Essa movimentação de ar é um fenômeno significativo para o bem estar humano, já que propicia tanto o conforto térmico quanto a salubridade do ambiente (Bagnati, 2013). No que tange o conforto, a ventilação pode ser utilizada com duas finalidades. Uma delas consiste em resfriar o edifício por meio da remoção da carga térmica adquirida em função dos ganhos de calor externo (radiação solar) e interno (presença de pessoas, equipamentos elétricos e iluminação artificial). A outra visa promover o resfriamento fisiológico do indivíduo e refere-se ao efeito refrescante provocado pelas trocas de calor que ocorrem quando o ar entra em contato com o corpo humano (Bittencourt; Cândido, 2010).

Para assegurar a qualidade do ar, deve-se evitar que os poluentes presentes no ar atinjam níveis que possam colocar a saúde dos ocupantes em risco (Nóbrega, 2012). Segundo Carmo e Prado (1999), existe uma estimativa de que as pessoas passam entre 80% e 90% do seu tempo dentro de edifícios, o que comprova a importância de manter a qualidade do ar e a salubridade dos espaços internos.

Para alcançar esse objetivo, deve-se considerar o provimento de ar de qualidade e em quantidades específicas para o ambiente, por meio da adequada renovação do ar nos ambientes (Bittencourt; Cândido, 2010). A Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado (ASHRAE, 1989 *apud* Carmo; Prado, 1999) orienta quais taxas de ar externo devem ser introduzidas no ambiente interno, com base na necessidade de controle dos odores e dos níveis de CO<sub>2</sub>. Em edificações residenciais, a ASHRAE recomenda de cinco a vinte renovações de ar por hora (RAH) (Sales, 2021).

Assim, a ventilação natural pode promover tanto a qualidade do ambiente interno, quanto a remoção da carga térmica no interior dos edifícios, proporcionando melhores condições de conforto (Nóbrega, 2012).

## 2.2 Arquitetura Bioclimática

Segundo Romero *et al.* (2021), a arquitetura bioclimática tem o objetivo de fornecer conforto ao ambiente construído, mediante soluções de projeto que priorizam a adequação do espaço ao lugar como parâmetro primordial. É uma forma de projetar que “reconhece a persistência do existente, culturalmente adequada ao lugar e aos materiais locais e que utiliza a própria concepção arquitetural como mediadora entre o homem e o meio” (Romero *et al.*, 2021, p. 25).

Dessa forma, para suprir as necessidades de conforto e proteção contra as intempéries, o projeto arquitetônico deve aproveitar os recursos naturais de maneira passiva, por meio de sua implantação, proteção solar, iluminação e ventilação natural, entre outros (Oliveira; Romero, 2020). Deve haver um equilíbrio entre o desenho da edificação e as condições do seu entorno imediato, bem como a busca por soluções para ganhos ou perdas de calor, de forma a reduzir o usos de sistemas mecânicos de condicionamento (Neves, 2006).

Embora este conceito remeta à arquitetura vernacular<sup>2</sup>, a expressão “projeto bioclimático” criada pelos irmãos Olgyay, surgiu na década de 1960 para expressar uma arquitetura que integra as exigências de conforto a técnicas e materiais disponíveis, de acordo com as condições climáticas locais (Neves, 2006). Os irmãos Olgyay desenvolveram um diagrama bioclimático que propõe estratégias de adaptação da arquitetura ao clima. Porém, como seu diagrama abordava apenas condições externas, Givoni, em 1969, aprimorou algumas limitações desse trabalho e criou uma carta bioclimática para edifícios. Já em 1992, um novo estudo de Givoni explicou que o conforto térmico dos ambientes está relacionado a variação do clima externo e das condições de uso dos habitantes. Dessa forma, foi concebida uma carta bioclimática adequada aos países em desenvolvimento, para expandir os limites da carta anterior, publicada por Lamberts, Dutra e Pereira (2014), que consideram o trabalho de Givoni de 1992 como sendo o mais adequado às condições brasileiras.

A observação da carta bioclimática proporciona orientações fundamentais quanto às estratégias que deverão ser incorporadas ao projeto para promover níveis adequados de conforto e baixo consumo de energia (Almeida, 2009). Além disso, com a análise do Ano Climático de Referência (TRY) de uma localidade, é possível traçar os dados de uma cidade de interesse sobre a carta bioclimática, a fim de levantar as principais estratégias para cada período do ano, naquela localidade (Almeida, 2009).

## 2.3 Eficiência energética

A eficiência energética ocorre quando é possível assegurar conforto aos usuários, na prestação de serviços de qualidade e no uso da menor quantidade de recursos naturais possíveis (Lamberts; Dutra; Pereira, 2014). Nesse sentido, Lamberts, Dutra e Pereira (2014, p. 5) consideram que “a eficiência energética pode ser entendida como um atributo inerente à edificação representante do seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia”. Dessa forma,

---

<sup>2</sup> A arquitetura vernacular traz princípios que eram aprendidos empiricamente e transferidos diretamente de mestre para aprendiz. Também ensina técnicas e conceitos bioclimáticos que podem ser empregados nos edifícios para aproveitar as características desejáveis do clima e evitar as indesejáveis (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

quando unem-se conceitos de arquitetura bioclimática e eficiência energética, observa-se a oportunidade de minimizar os impactos ambientais, os custos e a energia consumida nos edifícios (Krüger; Mori, 2012).

A oferta de energia é, atualmente, considerada indispensável à vida humana (Almeida, 2009) e fundamental para o desenvolvimento econômico e social (Philippi Jr.; Reis, 2016). No entanto, a geração de energia é um dos principais responsáveis por significativos impactos ambientais, com influência nas mudanças climáticas (Barbosa *et al.*, 2016). Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) as edificações consomem cerca de 52% da eletricidade no país (EPE, 2020), no qual o setor residencial corresponde à 10,8% do consumo e a 4,8% das emissões antrópicas associadas à matriz energética brasileira (EPE, 2021). Estima-se que até 2050, mais de 70% da população estará vivendo em áreas urbanas, o que torna a cidade cada vez mais consumidora de recursos naturais (Faria *et al.*, 2020).

Para Lamberts, Dutra e Pereira (2014), as decisões de projeto têm grande influência no desempenho térmico e energético das edificações. Ademais, a alternativa mais adequada é o aumento da eficiência energética durante o seu uso, uma vez que poupar energia é mais econômico do que fornecê-la (Lamberts, 1997 *apud* Oliveira; Romero, 2020). Dessa forma, fica evidente a necessidade de incorporar os condicionantes locais ao projeto, para produzir uma arquitetura mais sustentável, de baixo consumo energético e que proporcione o máximo conforto possível (Almeida, 2009). O arquiteto deve adequar o seu projeto ao clima local e, se possível, incluir fontes alternativas de geração e armazenamento de energia (Lamberts; Dutra; Pereira, 2014).

Além disso, Oliveira e Romero (2020) alertam que também é preciso observar a problemática das mudanças climáticas e da utilização dos recursos naturais, além das bases teóricas sobre energia. Nesse contexto, destacam-se algumas iniciativas mundiais para a redução dos impactos ambientais causados pela construção civil, mitigação de gases de efeito estufa e fomento da eficiência energética (Faria *et al.*, 2020).

Em 2015, na 21ª Conferência das Partes (COP 21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC, sigla em inglês), foi adotado o Acordo de Paris, cujo objetivo principal é consolidar uma resposta mundial à ameaça das mudanças climáticas. Neste acordo, o Brasil comprometeu-se a reduzir as emissões de gases do efeito estufa em 37% até 2025 e em 43% até 2030. Entre outros compromissos ratificados, os de relevância para o setor de energia se propõem a alcançar 10% de ganhos de eficiência no setor elétrico, aumentar a participação de energias renováveis na matriz energética em 45%, além de expandir o uso de fontes renováveis para uma participação de 28% a 33% e ampliar o uso dessa energia não fóssil em, pelo menos, 23% até 2030 (CBIC, 2017).

Outra iniciativa da Organização das Nações Unidas (ONU), que visa reduzir os impactos ambientais, promover a eficiência energética e a mitigação dos gases de efeito estufa, é a Agenda 2030. Entre os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da agenda, destacam-se o ODS 7 – energia limpa e acessível, o ODS11 – cidades e comunidades sustentáveis e o ODS 12 – consumo e produção sustentável (PNUD, [200?]).

No que tange às legislações brasileiras, foi publicada a Lei nº 10.295/2001, que dispõe

sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia e determina que o Poder Executivo deverá promover a eficiência energética nas edificações construídas no país (Brasil, 2001; Mitsidi [...], 2017). Posteriormente, foram criadas outras diretrizes para tornar o consumo energético mais eficiente, como é o caso das Normas Brasileiras NBR 15220/2005 – Desempenho Térmico de Edificações e da NBR 15575/2021 – Desempenho para Edifícios Habitacionais até Cinco Pavimento (ABNT, 2003, 2021).

Este cenário evidencia, portanto, a necessidade de incorporar os condicionantes locais ao projeto, para produzir uma arquitetura mais sustentável, de baixo consumo energético e que proporcione o máximo conforto possível, como é o caso da arquitetura bioclimática (Almeida, 2009).

### **3 Método**

Esse artigo foi realizado com base na pesquisa bibliográfica, apresentada no tópico anterior, e desenvolvida de acordo com as seguintes etapas:

- Revisão da bibliografia;
- Caracterização do objeto de estudo;
- Caracterização climática;
- Levantamento das principais estratégias de projeto para a Zona Bioclimática 6; e
- Desenvolvimento de modelos computacionais. Um que simula o cenário atual e o demais que simulam cenários hipotéticos, de forma que seja possível quantificar o número de renovações de ar por hora, o percentual de horas de conforto e sua consequente influência sobre a economia de energia.

#### **3.1 Revisão Bibliográfica**

Para o desenvolvimento da revisão bibliográfica, que se estende além do referencial teórico apresentando anteriormente, foram realizadas consultas em publicações científicas (livros, documentos técnicos e artigos científicos) publicadas no período de 2001 a 2021, com o uso de endereços eletrônicos de pesquisa. Palavras-chave como eficiência energética, arquitetura bioclimática, ventilação natural, conforto térmico, entre outras, foram utilizadas para a pesquisa de temas como: eficiência energética, estratégias bioclimáticas, ventilação natural, normas e legislações vigentes sobre a qualidade do ar, taxa de renovação do ar para dissipação de poluentes, percentual de horas de conforto e simulação computacional.

#### **3.2 Caracterização do objeto de estudo**

Para este trabalho, foi adotado, como objeto de estudo, um dos dez edifícios que serão construídos na primeira fase de implantação de uma vila militar, localizada em um aquartelamento, em Formosa – GO (Figura 1).

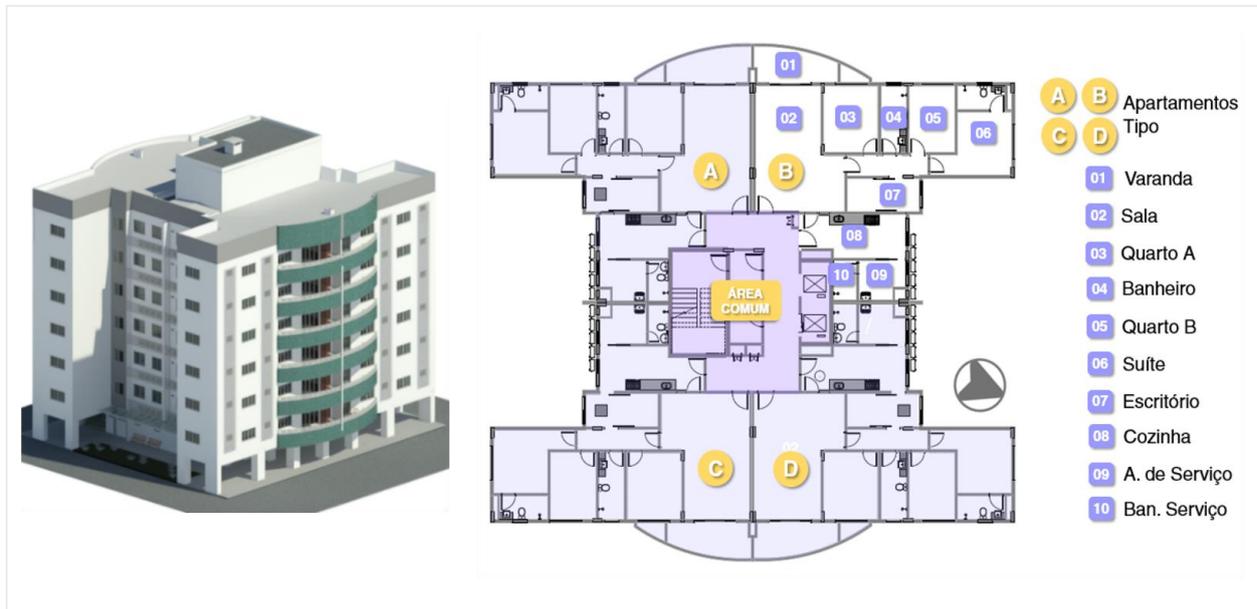
O objeto de estudo trata-se de um edifício residencial multifamiliar, composto por sete pavimentos, sendo seis andares de apartamentos tipo e um andar térreo com pilotis e áreas comuns (Figura 2). O pavimento tipo possui quatro apartamentos espelhados (Figura 2).

Figura 1: Localização do objeto de estudo.



Fonte: Google; Exército Brasileiro, adaptado por Larissa Angueth.

Figura 2: Perspectiva do edifício residencial multifamiliar e planta do pavimento tipo.



Fonte: Elaborado por Larissa Angueth.

### 3.3 Caracterização climática

De acordo com Tarley, Luiz e Oliveira (2016), o sistema de classificação desenvolvido pelo climatologista Wladimir Köppen é um dos que mais satisfatoriamente traduz a realidade climática de Goiás. Segundo essa classificação, a cidade de Formosa enquadra-se no clima tropical com inverno seco.

A temperatura média anual em Formosa é 23.3 °C, onde setembro e outubro são os meses mais quentes, enquanto junho e julho são os mais frios. O verão tem mais pluviosidade que o inverno e a média anual é de 1.247 mm de chuva (Tabela 1) (Climate Data, 2020).

Como base no arquivo climático da cidade de Formosa, retirado do repositório de dados climáticos livres para simulação (Climate OneBuilding, [2021]), foi possível gerar a carta de vento com o software *Climate Consultant* e observar, para cada direção, a frequência dos ventos, com sua respectiva umidade relativa e temperatura média de bulbo seco (Liggett; Milne, 2020). Assim, observa-se um maior percentual de horas de ventilação nas direções leste, nordeste e norte durante o dia. Já no período da noite, observa-se

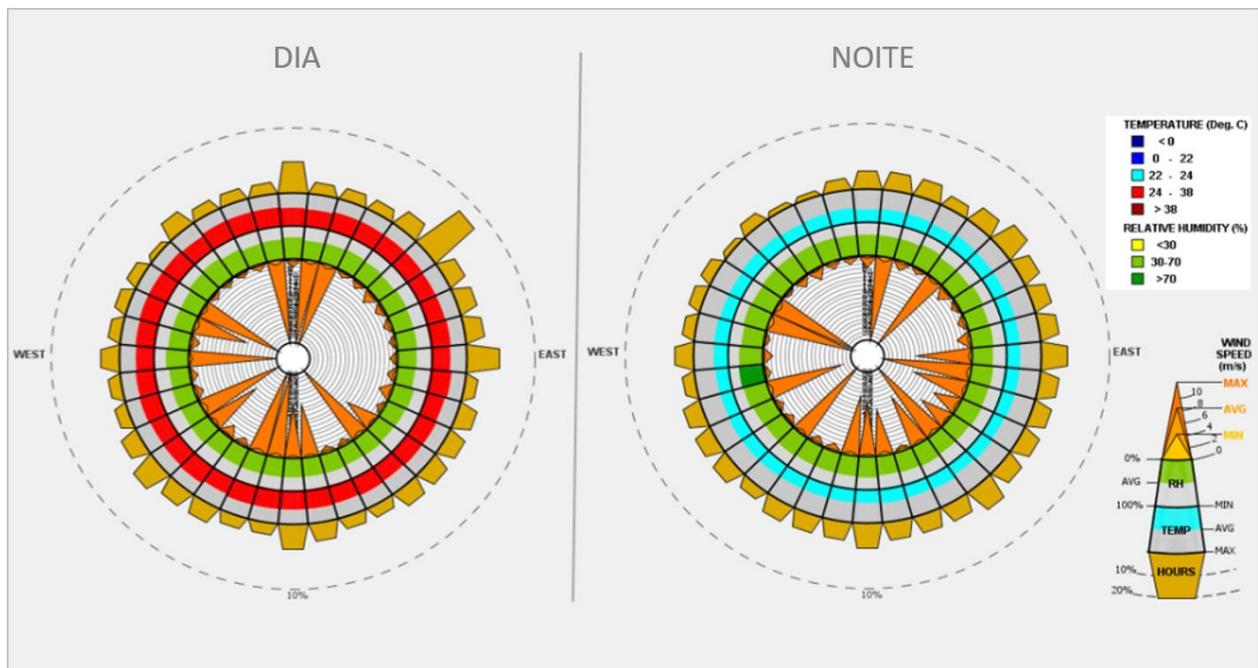
uma ventilação melhor distribuída nas demais direções. A temperatura dos ventos permanece em torno de 24°C e 38°C, com umidade relativa entre 30% e 70% durante o dia. À noite, a umidade relativa mantém seus índices, porém a temperatura cai e fica em torno de 22°C e 24°C (Figura 3).

**Tabela 1:** Dados climatológicos para a cidade de Formosa.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Temperatura média (°C)	23.6	23.6	23.3	23.1	23.3	21.5	21.4	22.9	25.1	25.5	23.5	23.5
Temperatura mínima (°C)	20	19.8	19.6	19.2	17.8	16.6	16.2	17.4	19.7	20.7	20	20
Temperatura Máxima (°C)	27.9	28.1	27.7	27.6	27.3	26.7	26.8	28.7	30.8	30.8	28	27.8
Chuva (mm)	202	168	172	70	18	4	1	5	27	106	224	250
Umidade (%)	75	73	77	70	62	56	49	42	42	51	73	75

Fonte: Climate Data (2020).

**Figura 3:** Carta de Ventos de Formosa-GO.



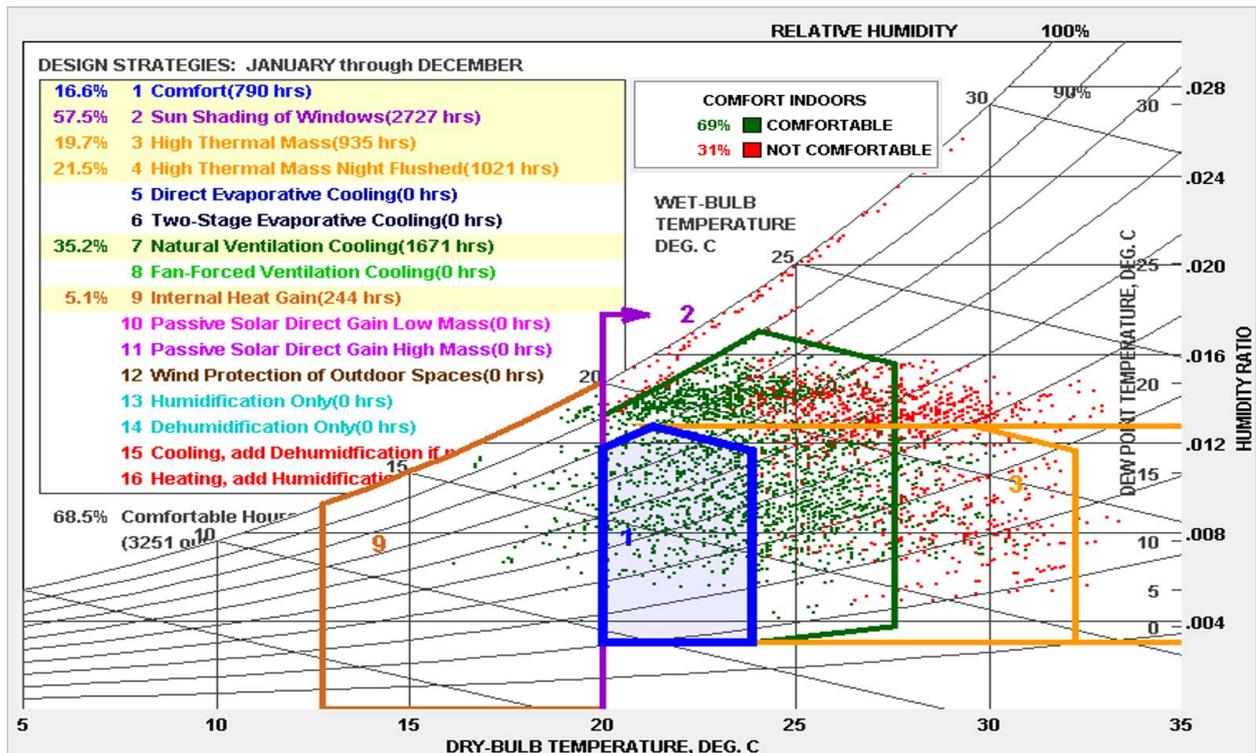
Fonte: Software Climate Consultant (Liggett; Milne, 2020).

### 3.4 Estratégias de projeto

Segundo a NBR 15220-3 (ABNT, 2003), o edifício está localizado na Zona Bioclimática 6 e possui como parâmetros e condições de conforto: o sombreamento das aberturas de tamanho médio, as vedações internas pesadas, o resfriamento evaporativo, a massa térmica para resfriamento e a ventilação seletiva nos períodos quentes, quando a temperatura interna for superior à externa.

O software *Climate Consultant* (Liggett; Milne, 2020) também revela que, entre às 7h e às 19h, a cidade de Formosa apresenta 16,6% das horas de conforto térmico desse período. Porém, com o uso de estratégias bioclimáticas como ventilação, inércia térmica e sombreamento de aberturas, essa porcentagem sobe para 69% (Figura 4) (Liggett; Milne, 2020).

Figura 4: Carta Bioclimática de Formosa -GO.



Fonte: Software Climate Consultant (Liggett; Milne, 2020).

Por meio do estudo da Carta Bioclimática de Formosa, é possível constatar que a ventilação natural é o terceiro parâmetro que mais influencia no conforto térmico (Liggett; Milne, 2020). Entre suas estratégias, é possível destacar as seguintes:

- Ventilação Cruzada: Ocorre quando o ar circula através de aberturas situadas em zonas de pressão opostas do ambiente.
- Ventilação Noturna: Essa técnica tem o intuito de remover a carga térmica do edifício que foi acumulada durante o dia, por meio do resfriamento dos ambientes à noite. Assim, contribui para minimizar a necessidade de resfriamento dos ambientes, principalmente no período da manhã (Cândido, 2006).
- Peitoril ventilado: Segundo Bittencourt e Cândido (2006), o peitoril ventilado pode trazer bons resultados para ambientes de trabalho e dormitórios, uma vez que direciona o fluxo de ar na altura das pessoas sentadas ou deitadas. Trata-se de um dispositivo no formato de “L” invertido, geralmente executado em concreto, sobreposto a uma pequena abertura logo abaixo do peitoril. Esse dispositivo protege a abertura das chuvas e da radiação solar. Além disso, sua dimensão reduzida permite que seja mantida aberta, inclusive durante a noite, favorecendo a ventilação noturna.
- Localização, tamanho e configuração das aberturas: O tamanho, a forma e a localização das aberturas pode influenciar o fluxo de ar no interior de uma edificação (Bittencourt; Cândido, 2006). Sacht, Lukiantchuki e Caram (2017) observaram em seus estudos, baseados em simulações computacionais, que as condições de ventilação natural sofrem influência da dimensão das aberturas e da variação do ângulo de incidência dos ventos.

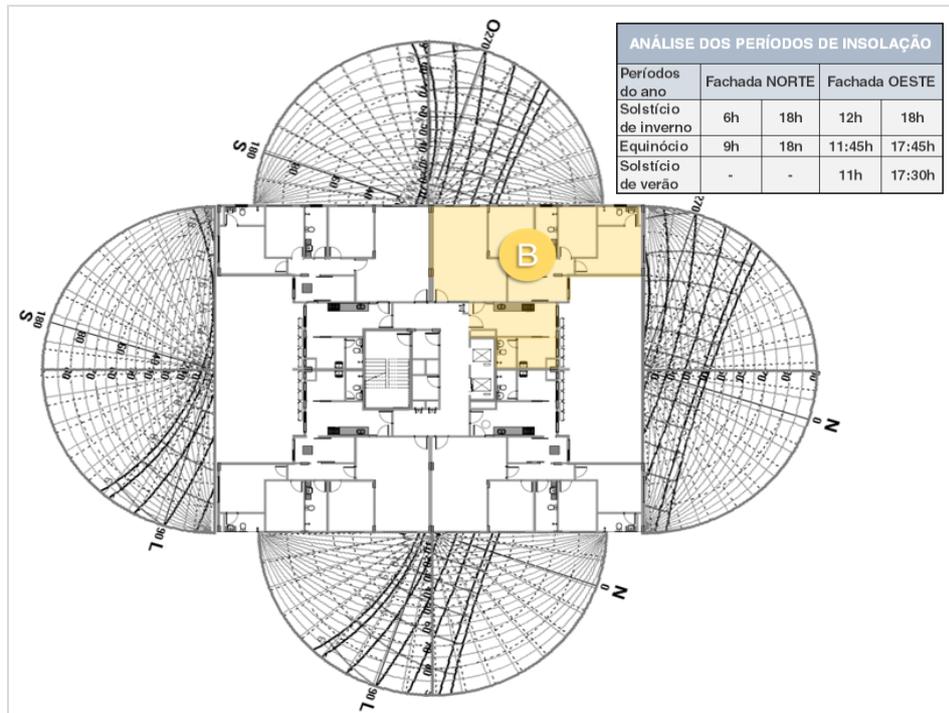
Além disso, Bittencourt e Cândido (2006) afirmam que, mesmo quando a ventilação

natural é adotada como principal estratégia bioclimática, a inércia térmica pode desempenhar papel importante para o conforto térmico em regiões quentes e secas. Pode ser utilizada tanto para aquecer quanto para resfriar a edificação, uma vez que diminui a amplitude térmica interna e proporciona um atraso térmico do fluxo de calor (Lamberts; Dutra; Pereira, 2014). Porém, para melhorar a ação da inércia térmica, deve-se reduzir os ganhos solares na envoltória da edificação (PROJETEEE, [2022]). Segundo Medeiros e Elali (2011), o sombreamento pode ser utilizado como técnica de resfriamento passivo da edificação. Para atingir este objetivo, podem ser usados os mais diversos elementos de proteção solar, como por exemplo, brises, pergolados, cobogós, grandes beirais e até mesmo a vegetação. Lamberts, Dutra e Pereira (2014) complementam que este recurso deve ser adotado sempre que a análise bioclimática indicar longos períodos de calor. Dessa forma, o sombreamento das janelas e paredes tende a reduzir a intensidade da radiação solar que é recebida diretamente, principalmente na orientação norte, que recebe o pico de radiação.

### 3.5 Análise de dados

A análise termoenergética, quanto à influência da ventilação natural, foi realizada nos ambientes de permanência prolongada (APP) de um apartamento tipo da edificação. A escolha desse apartamento foi pautada em um estudo feito com o *software* SOL-AR, versão 6,2. A partir do desenvolvimento de cartas solares, foi possível identificar quais as fachadas que recebem maior insolação nos seus APP. Assim, concluiu-se que o apartamento destacado na Figura 5 apresenta a pior condição térmica por receber Sol durante quase todo o ano nas suas fachadas Norte e Oeste, onde estão localizadas a sala e os dormitórios. Além disso, devido à influência térmica que a radiação transmitida pela cobertura exerce em seus ambientes internos, considerou-se, para análise, um apartamento localizado no último andar do edifício.

**Figura 5:** Resultado da análise dos períodos de insolação.



Fonte: Elaborado por Larissa Angueth.

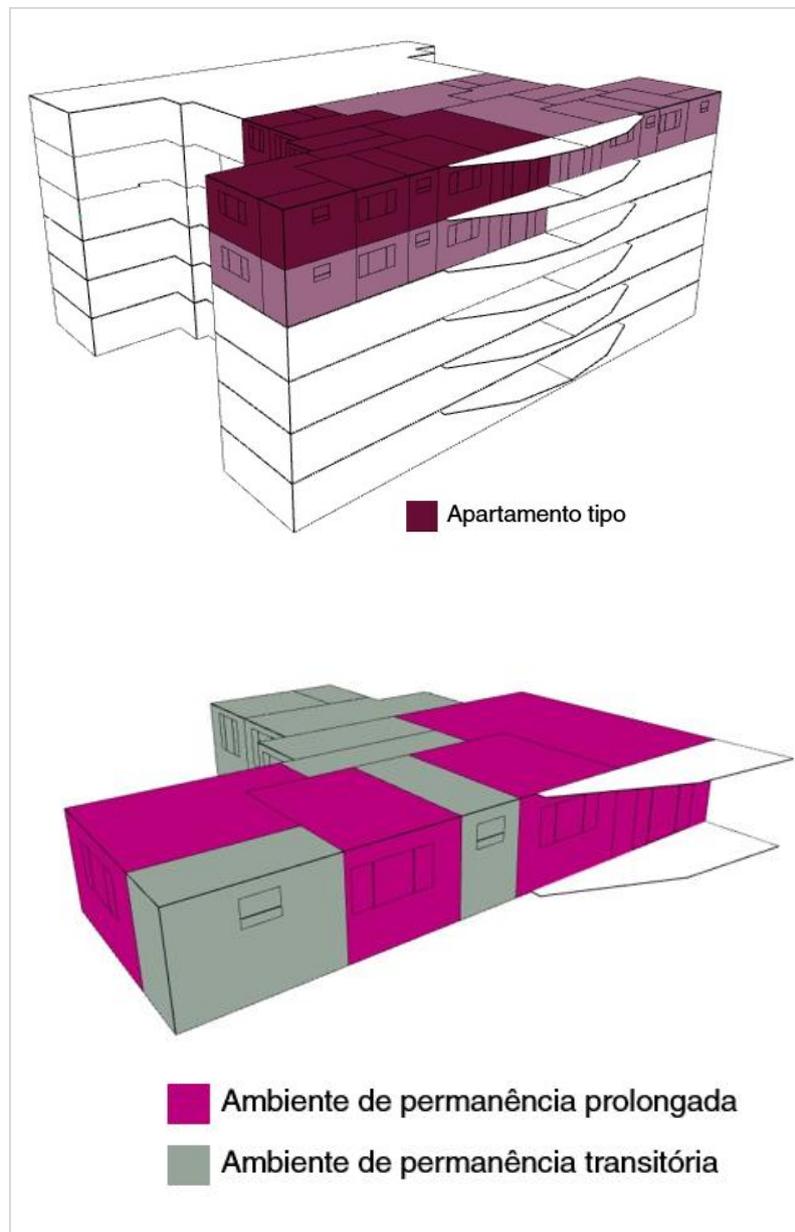
### 3.6 Desenvolvimento dos modelos computacionais

Os modelos computacionais foram desenvolvidos com o uso de duas ferramentas: o *Sketchup 2017* (versão 17.2.2555 64-bit) e o *OpenStudio* (versão 2.9.0), que seguem os algoritmos de cálculo do software *EnergyPlus*. As simulações foram realizadas com o arquivo climático *EnergyPlus Weather Format* (EPW) (Crowley; Lawrie, 2019), para a cidade de Formosa-GO (Latitude 15.533° e Longitude 47.333°).

#### 3.6.1 Cenário atual

O modelo computacional que representa o cenário atual (C-0) possui as mesmas características do apartamento tipo do projeto original (Figura 6). Para fins de simulação termoenergética, o apartamento lateral e o inferior à unidade habitacional estudada também foram usados para modelagem.

**Figura 6:** Apartamento tipo.



Fonte: Elaborado por Larissa Angueth.

Foram definidos os materiais construtivos da unidade habitacional analisada, como ponto de partida para as simulações computacionais (Tabela 2). Posteriormente, as rotinas de uso e as cargas térmicas foram determinados com base no Projeto de Emenda NBR 15575-1 (ABNT, 2021), conforme Tabelas 3 e 4.

**Tabela 2:** Quadro de materiais.

Componente construtivo	Material	Espessura (m)	Condutividade (W/m.K)	Calor Específico (J/Kg.K)	Densidade (Kg/m <sup>3</sup> )	Absortância	Resistência Térmica (m <sup>2</sup> .C/w)
Parede (tijolo cerâmico 6 furos)	Argamassa	0.025	1.15	1000	2000	0.372	0.175
	Cerâmica	0.0134	0.9	920	1600		
	Ar	0.063					
Cobertura	Telha termoacústica	0.042	0.042	1420	154	0.49	0.21
	Ar	0.25					
	Laje maciça	0.10	1.75	1000	2200		
	Forro de gesso	0.03	0.035	870	900		
Piso Interno	Piso cerâmico	0.0075	1.05	920	2000	0.336	
	Contrapiso	0.02	1.15	1000	2000		
	Laje maciça	0.10	1.75	1000	2200		
Material	Fator solar	Transmitância (W/m <sup>2</sup> .K)					
Vidro simples	0.87	5.7					

Fonte: Weber et al. (2017) e PROJETEE [2022], adaptado por Larissa Angueth.

**Tabela 3:** Rotinas de uso e ocupação

	Dormitório		Sala	
Padrão de Ocupação (%)	00:00 – 07:59	100%	22:00 – 13:59	0%
	08:00 – 21:59	0%	14:00 – 17:59	50%
	22:00 – 23:59	100%	18:00 – 21:59	100%
Padrões de uso do sistema de iluminação artificial	00:00 – 05:59	0%	00:00 - 15:59	0%
	06:00 - 06:00	100%	16:00 – 21:59	100%
	08:00 - 21:59	0%		
Período de uso para equipamentos	22:00 – 13:59	0%	22:00 – 13:59	0%
	14:00 – 21:59	100%	14:00 – 21:59	100%

Fonte: ABNT (2021), adaptado por Larissa Angueth.

**Tabela 4:** Cargas térmicas

Ambiente	Densidade de Potência instalada para o sistema de iluminação (W/m <sup>2</sup> )	Carga interna para os equipamentos (W)
Sala	5	120
Dormitórios	5	120

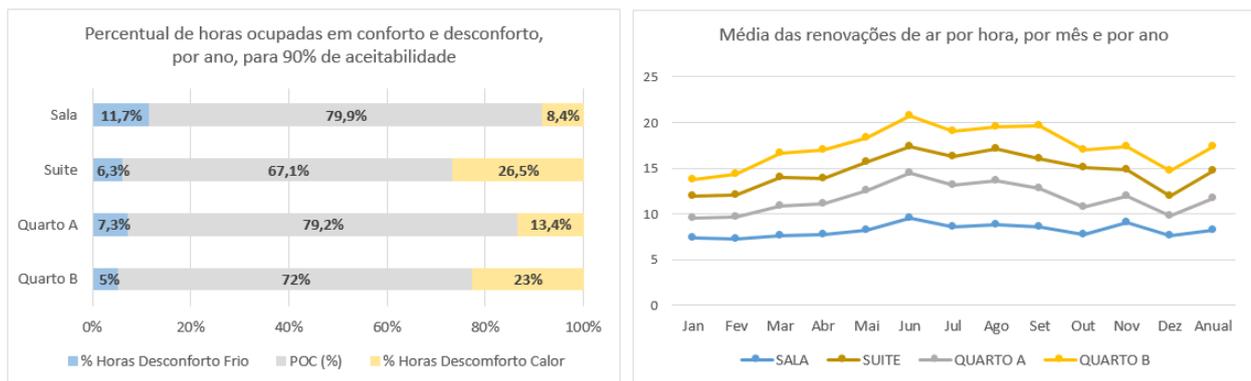
Fonte: ABNT (2021), adaptado por Larissa Angueth.

Além disso, para as cargas internas provenientes dos usuários nos APP, considerou-se uma fração radiante de 0,3 (ABNT, 2021) e uma ocupação de cinco pessoas.

O cálculo da ventilação natural foi feito por meio do *Add Wind and Stack Open Area*, um modelo do programa *EnergyPlus* que destina-se a modelar a ventilação natural em zonas individuais. Para esse cálculo adotou-se uma renovação de ar por hora (RAH = 1) como

taxa de infiltração e, posteriormente, alguns parâmetros de temperatura foram definidos para determinar uma rotina de uso das esquadrias. Assim, quando a temperatura interna do APP atingir o valor mínimo de 18°C ou quando a temperatura externa chegar ao valor máximo de 32°C, considera-se a janela fechada. Ademais, foi estabelecida a tolerância de 2°C entre a diferença de temperatura externa e interna. Com isso, o ambiente interno receberá ar para resfriamento apenas quando a temperatura externa for, no mínimo, 2°C menor que a interna. A partir daí, foi possível calcular a quantidade de RAH nos APP e gerar o percentual de horas de conforto (POC) de cada APP, conforme Figura 7.

**Figura 7:** Percentual de horas ocupadas em conforto e desconforto e média de renovações de ar por hora.



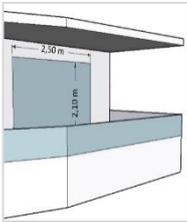
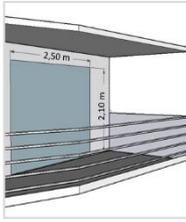
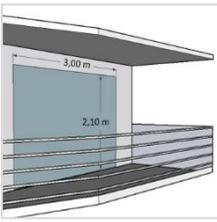
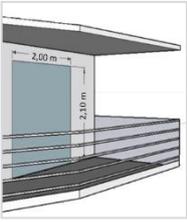
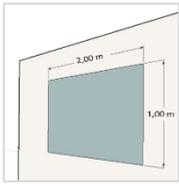
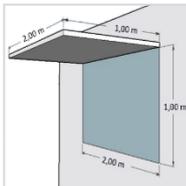
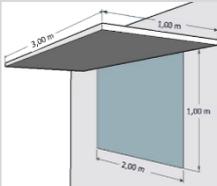
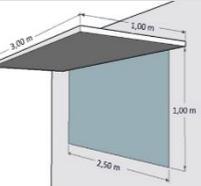
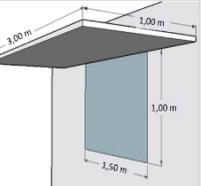
Fonte: Elaborado por Larissa Angueth.

Para avaliação de desempenho térmico, foram analisados somente os ambientes de permanência prolongada (APP) previstos no Projeto de Emenda ABNT NBR 15575-1 (ABNT: sala e dormitórios). Essa análise foi feita com base na temperatura operativa das zonas térmicas dos APP, o que possibilitou o cálculo do percentual de horas em que o apartamento tipo se encontra na zona de conforto (POC). A determinação das condições de conforto térmico, bem como a aceitabilidade dos usuários em espaços ventilados naturalmente foi determinada com base nos índices adaptativos da ASHRAE Standard 55 (Pereira; Assis, 2010). Esses índices representam os valores de temperatura interna do ambientes aceitáveis para os limites de 90% e 80% de satisfação dos usuários, em função da temperatura média de bulbo seco do ar externo predominante (Sudbrack; Amorim, 2020). Para a presente pesquisa, foi considerado o limite de 90% para a avaliação do conforto nos APP.

### 3.6.2 Cenários com alterações

Como o objetivo dessa pesquisa é avaliar a influência da ventilação natural no conforto térmico dos ambientes, os materiais construtivos da envoltória não foram alterados e a análise dos cenários hipotéticos foi pautada no sombreamento e no tamanho das aberturas dos APP (Tabela 5). Dessa forma, os modelos computacionais desses cenários foram divididos em dois grupos que consideram a presença de sombra existente nas aberturas ou não. O quarto A possui um pequeno sombreamento da varanda mas, por ser pouco expressivo, foi desconsiderado. Dessa forma, os quartos e a suite integram o cenário dos dormitórios (CD), cujos ambientes não possuem elementos de sombra. A sala, por sua vez, compõe um outro cenário (CS), posto que possui a varanda para sombrear sua esquadria.

**Tabela 5:** Cenários utilizados para as simulações computacionais.

Ambientes	Cenários				
	CS-0	CS-1	CS-2	CS-3	
Sala					
	Porta 2.1x2.5m	Porta 2.1x2.5m	Porta 2.1x3m	Porta 2.1x2m	
	CD-0	CD-1	CD-2	CD-3	CD-4
Suite Quarto A Quarto B					
	Janela 1x2m	Brise 1x2m Janela 1x2m	Brise 1x3m Janela 1x2m	Brise 1x3m Janela 1x2.5m	Brise 1x3m Janela 1x1.5m

Fonte: Elaborado por Larissa Angueth.

Assim, as simulações computacionais foram feitas em ciclos, que consideraram o sombreamento como ponto de partida. Uma vez definido o melhor cenário de sombreamento nos dormitórios, foi possível analisar a influência do tamanho das esquadrias para o POC e para a quantidade de RAH. Para a análise desses dados na sala, o primeiro ciclo de simulações considerou a presença de guarda-corpo ventilado e os ciclos posteriores avaliaram o tamanho da esquadria.

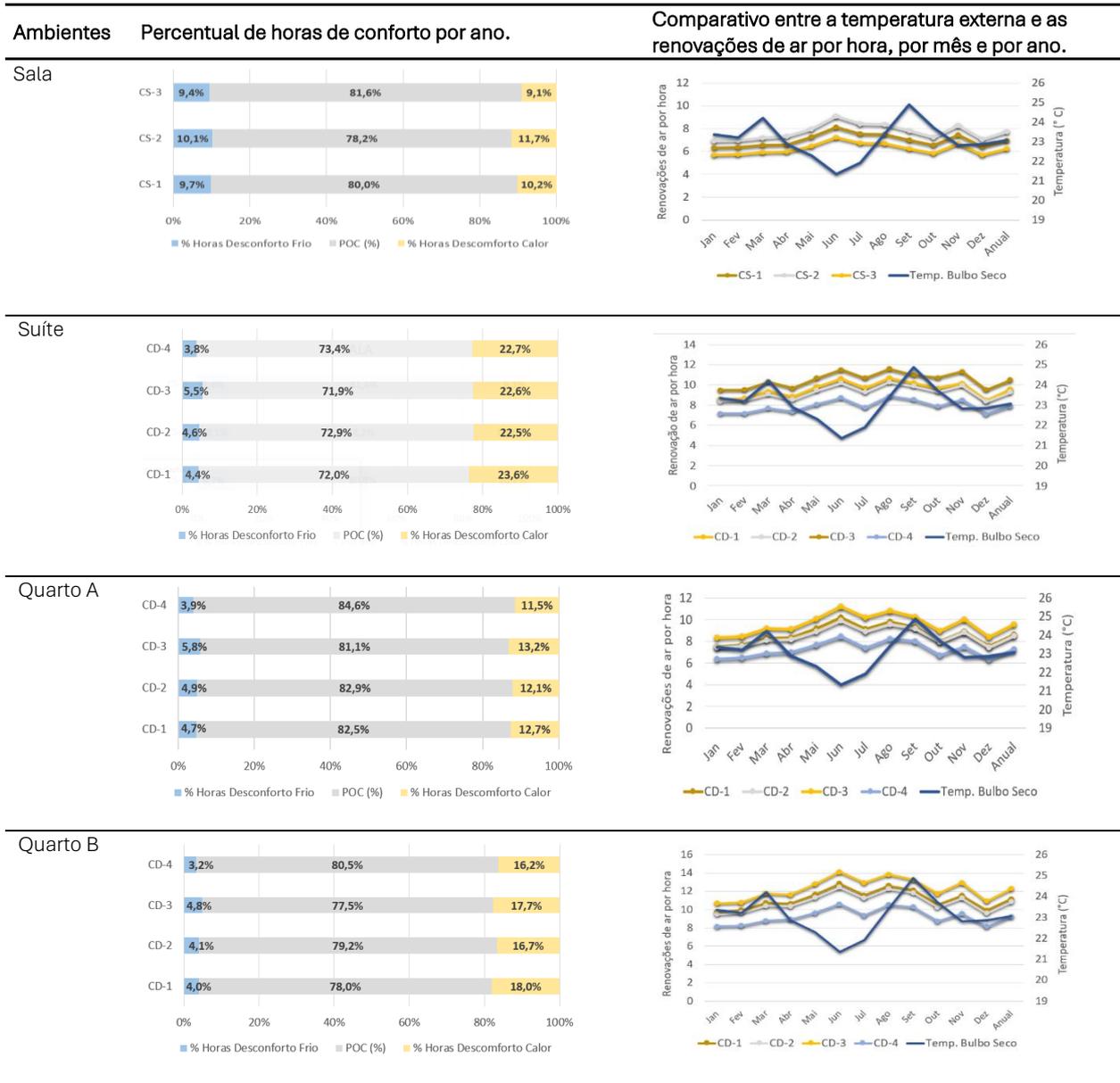
A tipologia adotada para os brises foi definida por meio do estudo de cartas solares. Na fachada Norte, o brise horizontal de 1x3m representa um sombreamento aproximado de 69% das aberturas, enquanto na fachada Oeste esse percentual é de 50%. Já com relação às aberturas, foi considerada a área útil de ventilação de 50%, percentual adotado por Lamberts, Dutra e Pereira (2014) para janelas de correr.

Além disso, a análise da eficiência energética também foi feita por meio de simulações computacionais. Para tanto, os ambientes que apresentaram melhor POC (CS-3 e CD-4) foram agrupados em um novo modelo que foi submetido à duas novas análises: uma que considera apenas a ventilação natural e outra híbrida, que considera a ventilação natural e o uso de aparelho ar-condicionado a partir de determinada temperatura. Dessa forma, para o modelo híbrido, definiu-se um *setpoint* para cada situação. Quando a temperatura interna dos APP chega a 23°C, o *software* considera que a janela está fechada para possibilitar o uso do ar-condicionado. Esse, por sua vez, entra em funcionamento toda vez que a temperatura interna atinge 26°C.

## 4 Resultados e Discussões

A influência da área de ventilação no desempenho térmico de edificações residenciais foi analisada por meio do percentual de horas de conforto (POC) e da quantidade de renovações de ar por hora (RAH) dos APP do apartamento tipo. Assim, os resultados alcançados quanto aos POC e RAH dos APP dentro dos cenários hipotéticos propostos para a pesquisa estão demonstrados na Tabela 5.

**Tabela 6:** Gráficos de POC e de RAH/Temperatura externa.



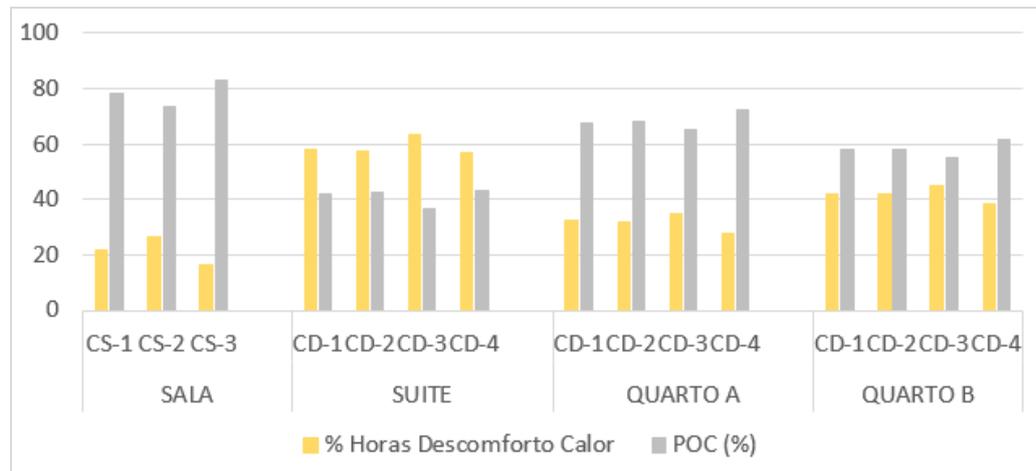
Fonte: Elaborado por Larissa Angueth.

Nos dormitórios, observa-se que a presença do sombreamento tem influência positiva quanto ao POC, uma vez que reduz os efeitos da radiação na envoltória do edifício, conforme afirmam Sorgato, Versage e Lamberts (2011). Nesse aspecto, o CD-2 apresentou, em relação ao POC do CD-0, um aumento de 8,65% na suíte, 4,68% no quarto A e 10% no quarto B.

Quanto ao tamanho das aberturas dos dormitórios, os cenários que apresentaram redução no tamanho da esquadria (CD-4) e, conseqüentemente, na área útil de ventilação, foram os que proporcionaram o melhor POC, apesar no número menor de renovações de ar por hora. Da mesma forma, o guarda-corpo ventilado não apresentou um aumento significativo no POC da sala (CS-1), mas mostrou-se eficaz quando combinado com uma redução da esquadria e da área útil de ventilação (CS-3).

Essa redução das RAH associado ao aumento do conforto justifica-se pela alta temperatura dos ventos durante o dia (Figura 8). Segundo Bittencourt e Cândido (2010), a análise do conforto térmico em edificações ventiladas também deve considerar a temperatura como um parâmetro determinante. Assim, ao fazer uma análise do mês de setembro, um dos mais quentes do ano, observa-se que o pico da temperatura mais alta coincide com aproximadas 10 RAH nos dormitórios. Ademais, considerando-se o período de 10h às 15h de um dia típico desse mês, observa-se que o POC piora quando a área útil de ventilação aumenta (CS-2 e CD-3). Pois, como esse horário representa as horas mais quentes do dia, a ventilação contribui para o aumento da temperatura interna dos ambientes (Figura 8).

**Figura 8:** Gráficos de POC do mês de setembro, entre 10h e 15h.



Fonte: Elaborado por Larissa Angueth.

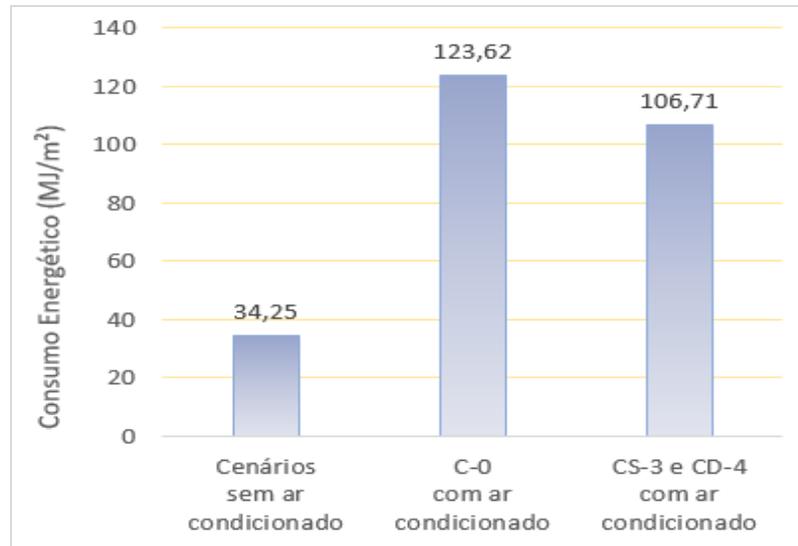
Além disso, embora o CD-4 tenha apresentado melhoria no conforto de todos os dormitórios, em relação ao CD-0, o POC da suíte foi o único que ficou abaixo dos 80%, uma vez que este ambiente está na fachada Norte e recebe radiação solar de manhã e de tarde, na maior parte do ano. Porém, em relação ao CD-0 da suíte, o CD-3 teve um aumento de 18,9% no percentual de conforto.

Por outro lado, todos os cenários atendem à quantidade mínima de 5 RAH recomendada pela ASHRAE (Sales, 2021) para manter a qualidade do ar em residências. Nesse sentido, os cenários que apresentaram o menor índice mensal foram o CS-3 (sala), com 5,7 RAH e o CD-4 (quarto A), com 6,3 RAH.

Considerando-se os modelos CS-3 e CD-4, que apresentaram o melhor POC, é possível verificar uma economia de energia de 13,67% (Figura 9), o que demonstra que o uso das estratégias de sombreamento e redução da área útil de ventilação contribuem para a redução da temperatura interna. Como esses mesmos cenários aumentaram, em relação ao C-0, o POC em 2,1% na sala, em 18,9% na suíte, em 6,8% no quarto A e em 11,8% no quarto B, com 90% de aceitabilidade do usuário, existe a possibilidade de

conforto sem o uso de aparelhos de condicionamento de ar. Nesse caso, que considera os cenários CS-3 e o CD-4 naturalmente ventilados, é possível uma economia de 67,9% no consumo energético em comparação ao cenário original (C-0) híbrido.

**Figura 9:** Consumo energético dos principais cenários.



Fonte: Elaborado por Larissa Angueth.

## 5 Conclusões

Diante dos benefícios e possibilidades de estratégias de ventilação natural, conclui-se que é possível que um ambiente ventilado seja eficiente quanto ao conforto e ao consumo energético.

De acordo com os resultados das simulações computacionais, observou-se que a redução da área útil de ventilação associada ao sombreamento das aberturas tem uma influência positiva sobre o conforto térmico do ambiente. Isso se deve às altas temperaturas dos ventos na cidade de Formosa-GO e ao fato de as taxas mais altas de RAH dos APP ocorrerem, majoritariamente, durante os meses mais quentes do ano. Por outro lado, mesmo com redução das esquadrias, os índices de RAH foram suficientes para possibilitar a qualidade do ar em todos os ambientes analisados.

Quanto ao conforto, os cenários CS-3 e CD-4 foram os que apresentaram melhor percentual de conforto em relação ao C-0. Nesse sentido, observa-se que a orientação do edifício também tem influência significativa sobre o POC, uma vez que a suíte, localizada na fachada Norte, apresentou o menor percentual de conforto, quando comparado aos dormitórios localizados na fachada Oeste.

A partir da análise dos resultados de consumo energético foi possível verificar uma economia de 67,9% dos cenários CS-3 e CD-4 naturalmente ventilados, uma vez que o aumento do POC nesses cenários, representa uma possibilidade de conforto sem o uso de aparelhos de condicionamento de ar.

Uma das limitações desse trabalho relaciona-se ao uso do *Add Wind and Stack Open Area*. Esse modelo analisa apenas o fluxo de ar em zonas individuais, em função das diferenças de pressão interna e externa, o que limita os estudos abordando outras

estratégias de ventilação natural. Assim, trabalhos futuros podem, a partir do uso de modelos como o *Airflow Network*, que calcula o fluxo de ar entre zonas, estudar o comportamento da ventilação natural sob outros aspectos como, por exemplo, a ventilação cruzada e o efeito chaminé.

## Referências

- ABNT, 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: ABNT, 2003.
- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Projeto de Emenda. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- ALMEIDA, Alana Mello de. **Conforto térmico e eficiência energética em edifício multifamiliar na cidade de Maceió-AL**. 2009. 261 f. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/riufal/707>. Acesso em: 10 maio 2024.
- BAGNATI, Mariana Moura. **Zoneamento bioclimático e arquitetura brasileira: qualidade do ambiente construído**. 2013. 132 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/78378>. Acesso em: 10 maio 2024.
- BITTENCOURT, Leonardo; CÂNDIDO, Christhina. **Introdução à ventilação natural**. 2. ed. Maceió: EDUFAL, 2006.
- BITTENCOURT, Leonardo; CÂNDIDO, Christhina. **Ventilação natural em edificações**. Rio de Janeiro: Procel Edifica, 2010.
- BRASIL. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 out. 2001. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10295.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10295.htm). Acesso em: 8 jul. 2021.
- CÂNDIDO, Christhina. Ventilação natural e conforto térmico em climas quentes. *In*: LAMBERTS, Roberto (org.). **Tópicos avançados em Conforto Térmico**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2006. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/node/555>. Acesso em: 10 maio 2024.
- CARMO, Adriano Trotta; PRADO, Racine Tadeu Araújo. **Qualidade do ar interno**. Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1999.
- CBIC, CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Energia nas construções**: uma contribuição do setor à redução de emissões e de uso de fontes renováveis de energia. Brasília: CBIC, 2017.

CLIMATE DATA. Clima Formosa. [S.l.]: 2020. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/goias/formosa-43207/>. Acesso em: 15 jul. 2021.

CLIMATE ONEBUILDING. **Repository of free climate data for building performance simulation.** [S.l.]: [2021]. Disponível em: [http://climate.onebuilding.org/WMO\\_Region\\_3\\_South\\_America/BRA\\_Brazil/index.html#IDGO\\_Goias-](http://climate.onebuilding.org/WMO_Region_3_South_America/BRA_Brazil/index.html#IDGO_Goias-). Acesso em: 15 jul. 2021.

CORREA, Celina Britto. Arquitetura bioclimática: adequação do projeto de arquitetura ao meio ambiente natural. **Drops**, São Paulo, ano 02, n. 004.07, Vitruvius, 2002. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/drops/02.004/1590>. Acesso em: 7 abr. 2021.

CRAWLEY, Drury B; LAWRIE, Linda. **Development of global Typical Meteorological Years (TMYx).** [S.l.], 2019. Disponível em: <http://climate.onebuilding.org>. Acesso em: 21 out. 2021.

EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Atlas da eficiência energética no Brasil 2020:** Relatório de Indicadores. Brasília: MME, 2020. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-556/Atlas%20consolidado\\_08\\_03\\_2021.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-556/Atlas%20consolidado_08_03_2021.pdf). Acesso em: 7 jul. 2021.

EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço energético nacional 2021:** Relatório Síntese, ano base 2020. Brasília: MME, 2021. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN\\_Síntese\\_2021\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN_Síntese_2021_PT.pdf). Acesso em: 6 out. 2021.

FARIA, Roberta Carolina Assunção; GÓES, Thiago Montenegro; AMORIM, Cláudia Naves David; CRONEMBERGER, Joára; SILVA, Caio Frederico e. O processo de projeto de edifício de balanço energético nulo (ZEB) numa perspectiva termodinâmica. *In*: MARTINS, Bianca Camargo (org.). **Arquitetura e urbanismo: competência e sintonia com os novos paradigmas do mercado.** Ponta Grossa: Atena Editora, 2020. p. 101-120.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual do conforto térmico.** 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

KRÜGER, Eduardo Leite; MORI, Fabiano. Análise da eficiência energética da envoltória de um projeto padrão de uma agência bancária em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 89-106, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212012000300007>. Acesso em: 10 maio 2024.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **Eficiência energética na arquitetura.** 3. ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS; PROCEL, 2014.

LIGGETT, Robin; MILNE, Murray. Software Climate Consultant. Versão 6.0 (Build 16). 2020.

MEDEIROS, Deisyane; ELALI, Gleice. **Construindo no clima quente e seco do Brasil:**

conforto térmico e eficiência energética para a zona bioclimática, 7. Natal: Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2011.

MITSIDI PROJETOS. **Edifícios de baixo carbono no Brasil: aspectos e subsídios para programas nacionais.** São Paulo: [s.n.], 2017.

NEVES, Leticia de Oliveira. **Arquitetura bioclimática e a obra de Severiano Porto: estratégias de ventilação natural.** 2006. 232 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.18.2006.tde-03012007-232857>. Acesso em: 10 maio 2024.

NÓBREGA, Marco Paulo Fernandes. **Efeito do ar exterior na qualidade do ar interior em edifícios com ventilação natural.** 2012. 114 f. Relatório (Mestrado em Equipamentos e Sistemas Mecânicos) – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2012.

OLIVEIRA, Leonardo P.; ROMERO, Marta Bustos. **Estrutura metodológica para avaliação ambiental do projeto arquitetônico.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2020.

PEREIRA, Iraci Miranda; ASSIS, Eleonora Sad de. Avaliação de modelos de índices adaptativos para uso no projeto arquitetônico bioclimático. **Ambiente Construído**, Belo Horizonte, v. 10, n. 1, p. 31-51, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212010000100002>. Acesso em: 10 maio 2024.

PHILIPPI JR., Arlindo; REIS, Lineu Belico dos. **Energia e sustentabilidade.** Barueri: Manole, 2016.

PNUD, PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Plataforma Agenda 2030: Acelerando as transformações para a Agenda 2030 no Brasil.** [S.l.]; PNUD, [200?]. Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br/>. Acesso em: 7 jul. 2021.

PROJETEE. **Estratégias bioclimáticas.** [S.l.]; MMA, [2022]. Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br/estrategias-bioclimaticas/>. Acesso em: 7 maio 2021.

RODRIGUES, Luciano Souza. **Ventilação natural induzida pela ação combinada do vento e da temperatura em edificações.** 2008. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/jspui/handle/123456789/2361>. Acesso em: 10 maio 2024.

ROMERO, Marta Adriana Bustos; TEIXEIRA, Éderson Oliveira; LIMA, Ana Carolina Cordeiro Correia; SILVA, Caio Frederico e; SALES, Gustavo de Luna; PAZOS, Valmor Cerqueira. **Pesquisa e inovação em edifícios de saúde.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.26512/9786558460190>. Acesso em: 10 maio 2024.

SACHT, Helenice M.; LUKIANTCHUKI, Marieli A.; CARAM, Rosana. Análise da influência do tamanho das aberturas de entrada de ar no desempenho da ventilação natural. *In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO.* 14., 2017,

Balneário Camboriú. **Anais eletrônicos** [...]. Balneário Camboriú: ENCAC, 2017. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/encac/files/2017/topico3artigo13.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2021.

SALES, Gustavo de Luna. Diagrama de ventilação natural: ferramenta de análise do potencial da ventilação natural no estudo preliminar de projeto. 2016. 217 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.realp.unb.br/jspui/handle/10482/22747>. Acesso em: 14 maio 2024.

SALES, Gustavo de Luna. **Sistemas de controle ambiental: vento**. Notas de Aula. Brasília: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Brasília, 2021.

SORGATO, Marcio José; VERSAGE, Rogério; LAMBERTS, Roberto. **Sombrear ou não sombrear janelas**. Nota Técnica N° 02/2011. Florianópolis: UFSC, 2011. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/node/273>. Acesso em: 27 nov. 2021.

SUDBRACK, Larissa; AMORIM, Cláudia Naves David. Análise do balanço energético de casa pré-fabricada ZEB em Brasília. In: SILVA, Caio Frederico e; SALES, Gustavo de Luna; CRONEMBERGER, Joára; ZANONI, Vanda Alice Garcia (org.). **Simulação, ambiente e energia no espaço construído**. Brasília: Editora UNB, 2020. p. 99-126. Disponível em: <https://doi.org/10.26512/9786558460435.c6>. Acesso em: 10 maio 2024.

TARLEY, Diego; LUIZ, Gislaine Cristina; OLIVEIRA, Ivanilton José de. Panorama dos sistemas de classificação climática e as diferentes tipologias climáticas referentes ao estado de Goiás e ao Distrito Federal/Brasil. **Élisée – Revista de Geografia da UEG**, v. 5, n. 2, p. 59–86, 2016. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/5769>. Acesso em: 10 maio 2024.

WEBER, Fernando da Silva; MELO, Ana Paula; MARINOSKI, Deivis Luis; GUTHS, Saulo; LAMBERTS, Roberto. **Desenvolvimento de um modelo equivalente de avaliação de propriedades térmicas para a elaboração de uma biblioteca de componentes construtivos brasileiros para o uso no programa *EnergyPlus***. Florianópolis: UFSC, 2017. Disponível em: [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios\\_pesquisa/Biblioteca\\_ComponentesConstrutivos\\_0.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/Biblioteca_ComponentesConstrutivos_0.pdf). Acesso em: 27 nov. 2021.