



A Influência de Brises e Cortinas na Eficiência Energética de Edifícios de Escritório

The Influence of Brises and Curtains on the Energy Efficiency of Office Buildings

La influencia de Brises y Ventanas en la Eficiencia Energética de los Edificios de Oficinas

Rangel Girardelo Vidmar

Mestrando em Arquitetura e Urbanismo, ATITUS Educação, Brasil.
rangelvidmar@gmail.com

Eduardo Grala da Cunha

Professor Doutor, UFPel, Brasil.
eduardogralacunha@yahoo.com.br

Tháisa Leal da Silva

Professora Doutora, ATITUS Educação, Brasil.
thaisa.silva@atitus.edu.br

Recebido: 8 de abril de 2024

Aceito: 29 de julho de 2024

Publicado online: 07 de outubro de 2024



RESUMO

O setor da construção civil é responsável por uma parcela significativa do consumo de energia e das emissões de gases do efeito estufa. Neste sentido, é de extrema importância que sejam desenvolvidas iniciativas para reduzir o consumo de energia dos edifícios, contribuindo para a sustentabilidade dessas edificações. Dentre as alternativas para a redução do consumo de energia está a possibilidade de inserir dispositivos de sombreamento nas janelas das edificações. Neste contexto, este trabalho visa analisar a influência da utilização de dispositivos de sombreamento em janelas de um modelo de edifício de escritórios localizado geograficamente em Passo Fundo - RS. Para isso, foram realizadas 24 simulações computacionais utilizando o software Energy Plus em um modelo de edifício de escritórios considerando suas janelas sem nenhum dispositivo de sombreamento e, posteriormente, com a instalação de dois diferentes tipos de brises e cortinas que atuam conforme a temperatura interna do ambiente e com uma agenda pré-definida. Vidros simples e duplos também foram testados. Os resultados revelaram influências positivas dos dispositivos de sombreamento no edifício de escritórios, chegando a reduzir o consumo de energia elétrica em até 4,64% em relação ao caso de referência. Assim, o uso de brises e de cortinas pode auxiliar na redução do consumo de energia no edifício, mantendo o conforto térmico do ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Desempenho térmico. Brises solares. Simulação computacional.

SUMMARY

The construction sector is responsible for a significant portion of energy consumption and greenhouse gas emissions. In this sense, it is extremely important that initiatives are developed to reduce the energy consumption of buildings, contributing to the sustainability of these buildings. Among the alternatives for reducing energy consumption is the possibility of inserting shading devices into building windows. In this context, this work aims to analyze the influence of the use of shading devices on windows of an office building model geographically located in Passo Fundo - RS. To this end, 24 computer simulations were carried out using the Energy Plus software in a model of an office building considering its windows without any shading device and, subsequently, with the installation of two different types of sun shades and curtains that act according to the internal temperature of the building environment and with a pre-defined agenda. Single and double glazing were also tested. The results revealed positive influences of shading devices in the office building, reducing electrical energy consumption by up to 4.64% in relation to the reference case. Therefore, the use of sunshades and curtains can help reduce energy consumption in the building, maintaining the thermal comfort of the environment.

KEYWORDS: Thermal performance. Solar breezes. Computer simulation.

RESUMEN

El sector de la construcción es responsable de una parte importante del consumo de energía y de las emisiones de gases de efecto invernadero. En este sentido, es de suma importancia que se desarrollen iniciativas para reducir el consumo energético de los edificios, contribuyendo a la sostenibilidad de estos edificios. Entre las alternativas para reducir el consumo energético se encuentra la posibilidad de insertar dispositivos de sombreado en las ventanas de los edificios. En este contexto, este trabajo tiene como objetivo analizar la influencia del uso de dispositivos de sombreado en las ventanas de un modelo de edificio de oficinas ubicado geográficamente en Passo Fundo - RS. Para ello se realizaron 24 simulaciones informáticas utilizando el software Energy Plus en una maqueta de un edificio de oficinas considerando sus ventanas sin ningún dispositivo de protección solar y, posteriormente, con la instalación de dos tipos diferentes de parasoles y cortinas que actúan según la temperatura interna del ambiente del edificio y con una agenda predefinida. También se probaron acristalamientos simples y dobles. Los resultados revelaron influencias positivas de los dispositivos de sombreado en el edificio de oficinas, reduciendo el consumo de energía eléctrica hasta en un 4,64% en relación al caso de referencia. Por tanto, el uso de parasoles y cortinas puede ayudar a reducir el consumo energético en el edificio, manteniendo el confort térmico del ambiente.

PALABRAS CLAVE: Rendimiento térmico. Brisas solares. Simulación por ordenador.



1 INTRODUÇÃO

Os edifícios são considerados grandes vilões quando se trata da escassez de energia e da poluição do ar, já que contribuem significativamente para esses problemas. É crucial que sejam implementadas iniciativas para reduzir seu consumo de energia, promovendo a sustentabilidade. A conservação de energia dentro de cada espaço é fundamental para evitar o uso desnecessário de dispositivos que consomem energia para manter o conforto (Allouhi *et al.*, 2015).

Manter a eficiência energética dentro de um espaço é crucial, pois isso reduz a necessidade de recorrer a fontes adicionais de energia para garantir o conforto ambiental. Nesse contexto, fatores como isolamento térmico, características das janelas e o uso adequado de cortinas exercem influência direta na eficiência energética, podendo tanto equilibrá-la quanto comprometê-la. Reduzir o consumo sem comprometer o desempenho das edificações representa o desafio central da eficiência energética (Lamberts *et al.*, 2004).

As superfícies vitrificadas desempenham um papel significativo na alteração do clima interno, pois tanto transmitem quanto absorvem quantidades consideráveis de radiação solar. Isso resulta em um aumento considerável nas demandas de aquecimento e resfriamento do ambiente (Touma *et al.*, 2016).

Através da implementação de sistemas passivos de controle ambiental, como a utilização de brise-soleils para controlar a entrada solar, é possível alcançar um desempenho térmico e conforto ambiental satisfatórios dentro de um espaço. Os brise-soleils, ao agirem como protetores solares externos, são particularmente eficazes, pois bloqueiam o calor antes que ele entre no ambiente interno (Silva; Amorim, 2008). Em regiões tropicais, observou-se uma diminuição significativa, chegando até 50%, no consumo de energia em espaços onde o brise-soleil foi implementado como medida de controle solar (Pagel *et al.*, 2022).

Nesse contexto, o brise-soleil, como uma característica arquitetônica integrada à estrutura de uma edificação, demonstra a capacidade de minimizar a entrada de calor no interior do prédio, enquanto oferece uma proteção solar passiva. Isso resulta em uma redução da dependência de sistemas de refrigeração mecânica e contribui para a diminuição do consumo de energia. Além disso, os brise-soleils auxiliam na otimização da eficácia da iluminação natural no edifício, regulando e distribuindo de maneira mais uniforme sua incidência, o que consequentemente reduz a necessidade de iluminação artificial (Ghule *et al.*, 2018).

A utilização de softwares computacionais para modelagem e simulação do ambiente apresenta uma eficiência notável, permitindo que os projetistas economizem energia tanto em novos edifícios quanto em estruturas existentes que precisam de ajustes. Essas simulações levam em conta diversos elementos que nem sempre são considerados durante o processo de projeto, como as condições climáticas locais, a incidência de sombreamento, as dimensões das aberturas, como janelas, e o uso de sistemas de sombreamento nelas instalados. O Energy Plus é a ferramenta mais empregada para essas simulações computacionais (Kirimtat *et al.* 2016).

A percepção das pessoas em relação ao ambiente é altamente subjetiva e depende de uma variedade de fatores, como clima, vestimenta, atividade, idade e sexo. Por essa razão, é



desafiador estabelecer condições que sejam confortáveis para todas as pessoas no mesmo espaço (Knop, 2012).

A sensação térmica de uma pessoa é influenciada por uma série de fatores, como temperatura do ar, umidade relativa, temperatura radiante e velocidade do ar, além da atividade física e das vestimentas, que também têm um papel importante na percepção térmica (Treichel, 2018).

A análise do conforto térmico pode ser realizada de duas maneiras distintas: o ambiental e o pessoal. Na abordagem ambiental, é crucial criar condições que sejam favoráveis para que apenas uma parcela mínima de pessoas se sinta desconfortável. Já no aspecto pessoal, o indivíduo deve sentir-se termicamente confortável em um ambiente específico, de acordo com sua própria sensação térmica (Xavier, 2000).

Uma construção é considerada mais eficiente quando demanda menos iluminação e climatização artificial. As variáveis arquitetônicas desempenham um papel crucial nesse sentido. Ao abordar a eficiência energética, é essencial considerar tanto o consumo de energia para iluminação quanto para climatização dos ambientes internos (Knop, 2012).

A configuração da edificação pode afetar a ventilação, iluminação natural e fluxos térmicos de maneira positiva ou negativa. A ventilação e a iluminação podem ser integradas ao projeto arquitetônico, agregando valor estético à construção. Por meio do desenho arquitetônico e considerando fatores como localização, clima e orientação solar, é viável melhorar as condições de habitabilidade sem a necessidade de técnicas ou sistemas tecnológicos adicionais (Cunha *et al.* 2006).

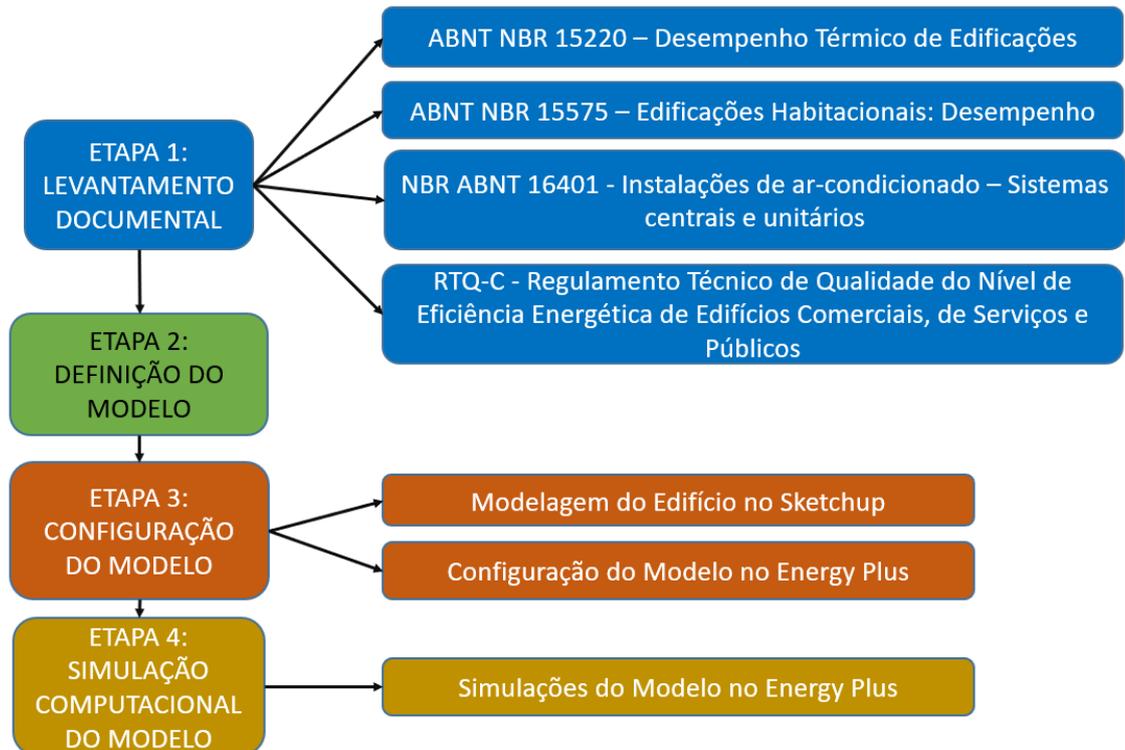
As trocas térmicas mais significativas ocorrem através dos fechamentos transparentes, principalmente vidros e plásticos, que permitem a entrada de luz solar. Isso aquece os componentes internos e promove a transmissão de calor pelas superfícies internas. Suas propriedades térmicas facilitam o fluxo de calor, com alta transmitância térmica e baixa resistência térmica, resultando em perdas de calor em estações mais frias e ganhos em estações mais quentes, embora não seja ideal. As cores das fachadas externas podem maximizar ou minimizar a absorção de calor, dependendo do seu coeficiente de absorção. Cores claras, como o branco e o amarelo claro, têm baixo coeficiente de absorção, refletindo grande parte da radiação solar e absorvendo pouca energia. O oposto ocorre com cores escuras, que têm alto coeficiente de absorção, absorvendo a maior parte da radiação solar e refletindo muito pouco (Lamberts *et al.*, 2004).

Nesse contexto, este estudo pretende preencher a lacuna causada pelo elevado consumo de energia elétrica nos edifícios apresentando um estudo de eficiência energética em um modelo de escritórios. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo analisar a eficiência de 24 possibilidades de controle de radiação solar em janelas de um modelo de edifício de escritórios. Através de simulações computacionais foram mapeadas formas de se reduzir o consumo de energia elétrica e comparados os resultados de cada caso entre si.

2 METODOLOGIA

A metodologia foi organizada em quatro etapas que podem ser visualizadas no fluxograma da Figura 1, que demonstra a síntese metodológica da pesquisa.

Figura 1 – Fluxograma de Etapas da Metodologia



Fonte: Os autores (2024).

2.1 Etapa 1: Levantamento Documental

Esta etapa consistiu em um levantamento histórico acerca de todas as normas nacionais que trabalham nos temas de conforto térmico e eficiência energética.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) possui duas normas sobre os temas abordados, sendo a NBR ABNT 15220 - Desempenho Térmico de Edificações e a NBR ABNT 15575 - Desempenho de Edificações Habitacionais. A norma NBR ABNT 16401 - Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários também foi levada em consideração, pois estabelece valores de temperatura para manter os ambientes em conforto térmico através da instalação de ares condicionados.

O INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) criou o RTQ-C - Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.

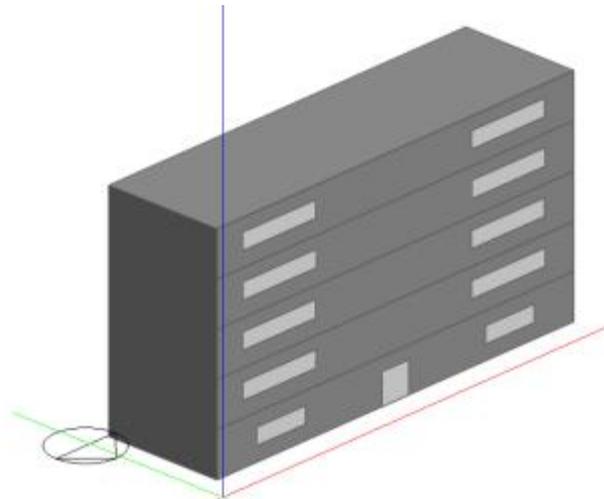
Esses quatro documentos serviram como base para a configuração do modelo. Destes foram retiradas todas as informações referentes a propriedades dos materiais, temperaturas de ocupação, especificações da iluminação e demais referências técnicas.

2.2 Etapa 2: Definição do Modelo

O modelo utilizado foi definido com base no trabalho realizado por Carlo (2008). A autora observou volumetrias típicas de atividades comerciais através de um levantamento fotográfico. Com isso, um modelo foi elaborado e denominado de “grandes escritórios”, o qual está apresentado na Figura 2. O modelo é definido por uma edificação vertical que possui 5 pavimentos em formato retangular com dimensão de 27 m de comprimento, 7,8m de largura e 15m de altura.

Para a construção do modelo foi utilizado o software SketchUp (Sketchup, 2022) em conjunto com o plugin Legacy Open Studio (EUCLID, 2016). Para a realização das simulações propostas foi utilizado o software Energy Plus (EnergyPlus, 2022).

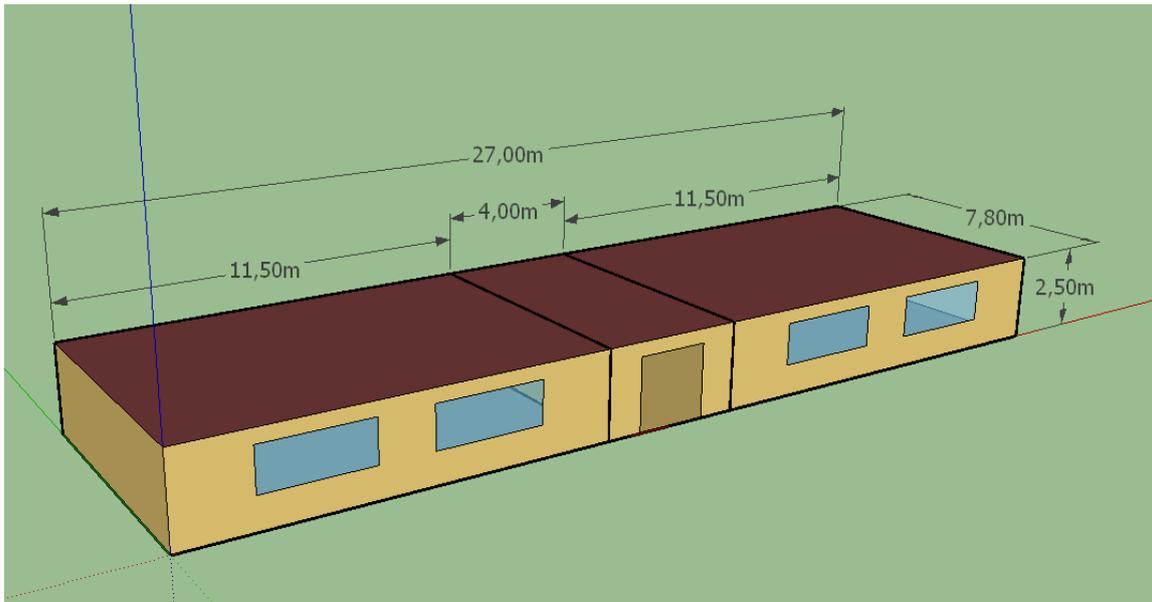
Figura 2 – Edificação vertical do modelo de Carlo (2008).



Fonte: Carlo (2008).

Para o presente estudo foi utilizado um pavimento do modelo de Carlo (2008). Este pavimento está localizado em uma posição intermediária, o que significa que não recebe luz solar diretamente no teto e não está inferiormente em contato direto com o solo. A modelagem foi feita utilizando o software SketchUp em conjunto com o plugin Legacy Open Studio.

Figura 3 – Modelo de Referência



Fonte: Os autores ,(2024).

2.3 Etapa 3: Configuração do Modelo

A etapa de configuração envolve a definição de todas as características construtivas que interferem na energia consumida pelo modelo.

2.3.1 Zonas Térmicas

O modelo apresenta 3 zonas térmicas distintas. No centro encontra-se a zona térmica de circulação, que serve como entrada do edifício e conecta-se às duas salas de escritório. A circulação possui dimensões de 4 metros de comprimento por 7,8 metros de largura e conta com duas portas de acesso.

As outras duas zonas térmicas correspondem às salas de escritório, que são separadas pela circulação. Ambas as salas têm medidas idênticas de 11,5 metros de comprimento por 7,8 metros de largura. Cada sala possui uma porta que se conecta à circulação e quatro janelas.

2.3.2 Agenda de Ocupação

Por se tratar de um edifício modelo de escritórios, a agenda de ocupação seguirá um padrão diário com início às 8:00 horas e fim de expediente às 18:00 horas de segunda-feira a sábado.

2.3.3 Características Construtivas dos Materiais Utilizados



Todos os materiais escolhidos para o modelo foram inseridos na configuração do Energy Plus com base nas tabelas da norma NBR ABNT 15220 – Desempenho Térmico de Edificações (ABNT, 2004). A densidade de massa aparente, a condutividade térmica e o calor específico tiveram seus valores retirados da norma e inseridos na configuração do software, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades dos Materiais Utilizados no Modelo

MATERIAL	DENSIDADE DE MASSA APARENTE (ρ) (Kg/m ³)	CONDUTIVIDADE TÉRMICA (λ) (W/(m*K))	CALOR ESPECÍFICO (c) (KJ/(Kg*K))
Concreto normal	2400	1,75	1,00
Concreto reboco interno e parede	2200	1,75	1,00
Telha de cerâmica	2000	1,05	0,92
Gesso cartonado	700	0,25	0,84
Madeira porta	1000	0,29	1,34

Fonte: Adaptado da NBR 15220 (2005).

2.3.4 Iluminação

Para a iluminação foi escolhida a luminária com refletores parabólicos para lâmpadas fluorescentes T5 (Manual Input Output Reference, 2016). Através de uma tabela disponibilizada no manual - do software Energy Plus foi possível obter valores base de fração de ar de retorno, fração radiante e fração visível para essas luminárias. Esses valores são inseridos na configuração do software para considerar todos os efeitos da lâmpada utilizada nas 3 zonas térmicas do modelo. A Tabela 2 apresenta os valores para a luminária escolhida.

Tabela 2 - Propriedades dos Materiais da Iluminação

MATERIAL	FRAÇÃO DE AR DE RETORNO	FRAÇÃO RADIANTE	FRAÇÃO VISÍVEL
Refletores Parabólicos para Lâmpadas Fluorescentes T5	0,54	0,13	0,20

Fonte: Adaptado do Manual Input Output Reference (2016).

Para a agenda de iluminação foi considerada a mesma situação da agenda de ocupação: início às 8:00 horas e fim de expediente às 18:00 horas de segunda a sábado.

2.3.5 Equipamentos e Pessoas

Assim como o corpo humano interfere na questão térmica do ambiente, os principais equipamentos utilizados nos escritórios também possuem essa característica. Através da norma NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários foi possível obter o valor de densidade típica de carga de equipamentos utilizados em escritórios.

Considerando que existe um posto de trabalho a cada 7,7m² e que cada posto possui computador com monitor e impressora, o modelo utilizado se enquadra como tipo de carga alta e a densidade de carga deve ser considerada de 21,5 W/m².

2.3.6 Arquivo Climático

O trabalho utilizará os dados da cidade de Passo Fundo - RS para fundamentar as simulações em um arquivo climático existente. Passo Fundo é uma cidade brasileira que fica localizada na parte norte do estado do Rio Grande do Sul. Possui latitude $28^{\circ}15' S$ e longitude $52^{\circ}24' W$ e está localizada a 684 metros de altitude em relação ao nível do mar.

2.4 Etapa 4: Simulação Computacional do Modelo

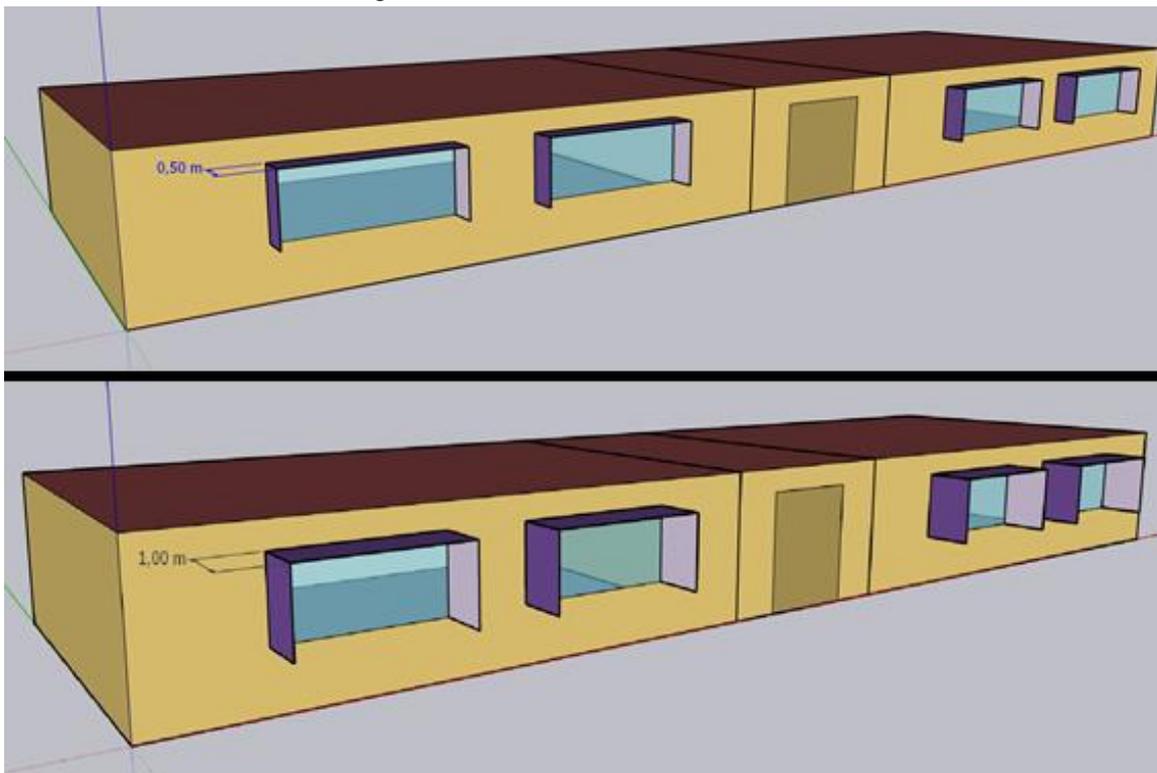
2.4.1 Roteiro de Simulação

O modelo de referência apresentado na Figura 3 é o ponto de partida no roteiro de simulação e servirá como base de comparação para as melhorias propostas.

Após, brises solares de 50 centímetros e 1 metro são adicionados ao modelo de referência, gerando mais dois casos de simulação. Esses brises são superiores e laterais, e foram instalados em todas as oito janelas do edifício.

As oito janelas são iguais e possuem medidas de 1,2 metros de altura e 3 metros de largura, sendo quatro janelas por sala de escritório.

Figura 4 – Modelo com Brises de 50cm e 1m



Fonte: Os autores (2024).



A seguir, são inseridas cortinas na simulação. Para a 4ª e 5ª simulações, essas cortinas trabalham conforme a temperatura do ambiente interno, sendo a primeira com brises solares de 50cm e a segunda com brises solares de 1m. Quando a temperatura chegar em 21,5°C ou menos, as cortinas serão abertas para permitir a entrada de luz solar. Quando a temperatura chegar em 24,5°C, as cortinas serão fechadas para realizar o controle de radiação solar no ambiente interno. A 6ª simulação também trabalha com esse controle de temperatura, mas nesse caso específico nenhum brise solar será equipada no modelo.

Na sequência, as simulações trabalham com uma agenda de abertura e fechamento das cortinas. No primeiro caso, as cortinas ficam sempre abertas durante o horário de ocupação e fecham após o seu encerramento para os meses de verão. No segundo caso, as janelas ficam sempre fechadas durante a ocupação do edifício e são abertas no resto do tempo, exceto para os meses de verão. Isso se aplica para brises de 50cm, brises de 1m e para o modelo sem brises solares, totalizando 12 simulações.

Todas as 12 simulações iniciais consideram vidros simples para a edificação. Após essa etapa de simulações, os 12 casos são novamente simulados, desta vez considerando vidros duplos para a edificação, totalizando assim 24 simulações, as quais estão listadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Roteiro das Simulações realizadas

Simulações Utilizando Vidros Simples		Simulações Utilizando Vidros Duplos	
1ª Simulação	Caso de Referência	13ª Simulação	Caso de Referência
2ª Simulação	Brises com 50cm	14ª Simulação	Brises com 50cm
3ª Simulação	Brises com 1m	15ª Simulação	Brises com 1m
4ª Simulação	Brises 50/Cortina Temperatura Zona	16ª Simulação	Brises 50/Cortina Temperatura Zona
5ª Simulação	Brises 1m/Cortina Temperatura Zona	17ª Simulação	Brises 1m/Cortina Temperatura Zona
6ª Simulação	Cortina Temp. Zona sem Brises	18ª Simulação	Cortina Temp. Zona sem Brises
7ª Simulação	Brises 50cm/Cortina Sempre Fechada	19ª Simulação	Brises 50cm/Cortina Sempre Fechada
8ª Simulação	Brises 50cm/Cortina Sempre Aberta	20ª Simulação	Brises 50cm/Cortina Sempre Aberta
9ª Simulação	Brises 1m/Cortina Sempre Fechada	21ª Simulação	Brises 1m/Cortina Sempre Fechada
10ª Simulação	Brises 1m/Cortina Sempre Aberta	22ª Simulação	Brises 1m/Cortina Sempre Aberta
11ª Simulação	Cortina Sempre Fechada sem Brises	23ª Simulação	Cortina Sempre Fechada sem Brises
12ª Simulação	Cortina Sempre Aberta sem Brises	24ª Simulação	Cortina Sempre Aberta sem Brises

Fonte: O autor, 2024.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos nas primeiras doze simulações. Nessas simulações o modelo foi trabalhado com a proposta de vidros simples:

Tabela 4 – Simulações Realizadas com Vidros Simples

Simulações	Caso de Referência	Brises com 50cm	Brises com 1m	Brises 50/Cortina Temp. Zona
Aquecimento (kWh)	421.49	521.78	576.75	707.49
Refrigeração (kWh)	2843.70	2424.65	2272.28	2052.00
Ventiladores (kWh)	71.43	59.06	55.03	47.76
Iluminação (kWh)	6862.05	6862.05	6862.05	6862.05
Equipamentos (kWh)	9642.75	9642.75	9642.75	9642.75
Consumo Total (kWh)	19841.42	19510.30	19408.86	19312.05
Diferença para o Caso de Referência (%)	Não Aplicável	-1,67%	-2,20%	-2,67%



Simulações	Brises 1m/Cortina Temp. Zona	Cortina Temp. Zona sem Brises	Brises 50/Cortina Sempre Fechada	Brises 50/Cortina Sempre Aberta
Aquecimento (kWh)	733.28	645.56	695.45	535.69
Refrigeração (kWh)	1992.52	2234.53	1704.68	2001.60
Ventiladores (kWh)	46.36	52.94	42.25	51.24
Iluminação (kWh)	6862.05	6862.05	6862.05	6862.05
Equipamentos (kWh)	9642.75	9642.75	9642.75	9642.75
Consumo Total (kWh)	19276.96	19437.83	18947.18	19093.32
Diferença para o Caso de Referência (%)	-2,84%	-2,03%	-4,51%	-3,77%

Simulações	Brises 1m/Cortina Sempre Fechada	Brises 1m/Cortina Sempre Aberta	Cortina Sempre Fechada sem Brises	Cortina Sempre Aberta sem Brises
Aquecimento (kWh)	722.83	591.57	627.38	425.79
Refrigeração (kWh)	1663.49	1897.34	1855.50	2341.46
Ventiladores (kWh)	41.32	48.57	46.34	60.76
Iluminação (kWh)	6862.05	6862.05	6862.05	6862.05
Equipamentos (kWh)	9642.75	9642.75	9642.75	9642.75
Consumo Total (kWh)	18932.44	19042.27	19034.02	19332.81
Diferença para o Caso de Referência (%)	-4,58%	-4,03%	-4,07%	-2,56%

Fonte: Os autores (2024).

Como pode ser observado na Tabela 4, todas as propostas apresentaram um percentual de melhoria na eficiência energética do edifício de escritórios.

A simples instalação de brises solares no modelo já contribuiu para a redução do consumo de energia elétrica. Isso acontece pelo fato de os brises dificultarem a radiação solar no verão, o que diminui a necessidade de ar condicionado para refrigerar o ambiente interno. No inverno isso acaba elevando o consumo, pois a radiação solar bloqueada ajudaria a aquecer o ambiente. Para o contexto final, as perdas do inverno são superadas pelos ganhos do verão, fazendo com que o edifício se torne mais eficiente energeticamente (1,67% melhor para os brises de 50cm e 2,20% para os brises de 1m).

O sistema de controle das cortinas levando em consideração a temperatura interna baseada na norma ABNT 16401 (Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários) apresentou resultados positivos de redução de consumo de energia elétrica em comparação ao caso base (2,67% com as brises de 50cm e 2,84% com os brises de 1m). Considerando o cenário sem nenhum tipo de brise solar instalado, o valor de consumo de energia elétrica também foi reduzido (2,03%), mas menor em comparação aos dois casos que empregavam os brises solares.

O caso da abertura das cortinas conforme a agenda pré-definida foi o que apresentou os melhores valores de eficiência energética. Manter a cortina sempre fechada no horário de ocupação e o tempo todo nos dias de verão apresenta os melhores valores (4,51% para brises de 50cm, 4,58% para brises de 1m e 4,07% sem brises). Isso ocorre pelo fato de que nesses casos a radiação solar é bloqueada o tempo todo durante o verão, e como dito anteriormente, mesmo que isso prejudique a eficiência energética no inverno, o contexto final mostra que vale a pena manter as cortinas fechadas.

Para os casos onde a cortina permanece aberta o tempo todo e só fecha após o horário de ocupação nos dias de verão, os resultados também foram positivos (3,77% para brises de



50cm, 4,03% para brises de 1m e 2,56% sem nenhum tipo de brise). A análise é positiva nesses casos em relação ao caso de referência pelo fato de que continua bloqueando a radiação solar nos dias de verão fora do horário de ocupação, apresenta os ganhos de aquecimento nos dias de inverno e ainda conta com os brises de 50cm e de 1m. A influência dos brises pode ser notada quando o menor dos resultados foi exatamente no modelo sem brises.

Para as 12 simulações que acrescentaram vidros duplos no modelo de edifício de escritórios, os resultados encontram-se na Tabela 5. Aqui, os valores em porcentagem são em comparação aos mesmos casos com vidros simples.

Tabela 5 – Simulações Realizadas com Vidros Duplos

Simulações	Caso de Referência	Brises com 50cm	Brises com 1m	Brises 50/Cortina Temp. Zona
Aquecimento (kWh)	363.40	450.09	499.39	553.28
Refrigeração (kWh)	2849.29	2442.18	2288.62	2183.37
Ventiladores (kWh)	69.42	57.56	53.50	49.13
Iluminação (kWh)	6862.05	6862.05	6862.05	6862.05
Equipamentos (kWh)	9642.75	9642.75	9642.75	9642.75
Consumo Total (kWh)	19786.90	19454.64	19346.31	19290.58
Diferença para o Caso com Vidros Simples (%)	-0,0027	-0,29%	-0,32%	-0,11%

Simulações	Brises 1m/Cortina Temp. Zona	Cortina Temp. Zona sem Brises	Brises 50/Cortina Sempre Fechada	Brises 50/Cortina Sempre Aberta
Aquecimento (kWh)	585.32	484.72	573.78	478.29
Refrigeração (kWh)	2094.64	2441.03	1800.59	2003.23
Ventiladores (kWh)	46.98	55.87	42.99	49.61
Iluminação (kWh)	6862.05	6862.05	6862.05	6862.05
Equipamentos (kWh)	9642.75	9642.75	9642.75	9642.75
Consumo Total (kWh)	19231.74	19486.43	18922.16	19035.93
Diferença para o Caso com Vidros Simples (%)	-0,23%	-0,25%	-0,13%	-0,30%

Simulações	Brises 1m/Cortina Sempre Fechada	Brises 1m/Cortina Sempre Aberta	Cortina Sempre Fechada sem Brises	Cortina Sempre Aberta sem Brises
Aquecimento (kWh)	608.37	530.78	497.39	380.77
Refrigeração (kWh)	1737.74	1897.15	2010.90	2331.65
Ventiladores (kWh)	41.54	46.91	48.26	58.70
Iluminação (kWh)	6862.05	6862.05	6862.05	6862.05
Equipamentos (kWh)	9642.75	9642.75	9642.75	9642.75
Consumo Total (kWh)	18892.45	18979.64	19061.35	19275.92
Diferença para o Caso com Vidros Simples (%)	-0,21%	-0,33%	0,14%	-0,29%

Fonte: Os autores (2024).

De forma geral, a adição de vidros duplos para a simulação do modelo de escritórios apresentou uma leve melhoria na eficiência energética. Os resultados foram muito parecidos com valores em uma faixa pequena, que varia de 0,11 a 0,33%, com exceção da simulação da cortina com agenda sempre fechada e sem brises solares. Nesse caso em específico, foi apresentada uma melhoria nos números de aquecimento e, praticamente na mesma quantidade, uma elevação nos valores de consumo energético com refrigeração. Num balanço



final, esse caso em específico apresentou um valor maior de consumo de energia elétrica em comparação ao mesmo caso sem os vidros duplos.

A partir da análise de trabalhos relacionados, foi possível verificar que Leitzke (2017) concluiu que um edifício residencial apresentou uma melhoria de 16% e 20% no consumo de energia elétrica utilizando brises solares para o sombreamento das janelas. Estes resultados consideraram um edifício localizado na Zona Bioclimática 1 e 8, respectivamente. A Zona Bioclimática em que Passo Fundo se encontra é a de número 2.

Lima (2016) estudou a utilização de brises fixos e dinâmicos nas cidades de São Carlos – SP e Maceió – AL. A conclusão é que as janelas sem brises são as que apresentam os maiores valores de consumo energético. Em São Carlos, foram obtidas reduções de até 17% utilizando-se o brise automático da inclinação das aletas, em relação ao caso com brise fixo. Em Maceió, essa mesma redução não passou de 10%.

No estudo de Santos (2012) foi apresentada uma melhoria de 12% num edifício comercial com a instalação de brises horizontais sobre a abertura das janelas, avaliados através do Regulamento brasileiro de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.

Dias (2023) analisou que os brises verticais apresentaram 13,9% a mais de consumo de energia elétrica com relação aos modelos horizontais em uma edificação comercial.

Lopes (2009) estudou o emprego de brises solares em um modelo de edifícios comerciais e constatou uma economia de energia elétrica de 8,08% quando os brises são empregados em relação ao caso de referência sem brises.

Por fim, a contribuição do presente estudo está na disponibilização de dados do papel do controle de radiação solar em edifícios comerciais através das situações apresentadas nas 24 simulações realizadas no contexto geográfico da cidade de Passo Fundo - RS.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência energética de um modelo de edifício de sala de escritórios através de simulações com intervenções propostas para melhorarem a eficiência energética do mesmo. Este objetivo foi cumprido a partir das análises apresentadas que mostraram resultados positivos na redução do consumo de energia elétrica da edificação. Os brises de 1m foram mais positivos que os de 50cm, os vidros duplos apresentaram melhores valores em relação aos vidros simples, as cortinas com a agenda mantendo sempre fechadas se saíram melhores do que as sempre abertas, e do que as que trabalharam com controle através da temperatura interna do ambiente.

A partir das simulações foi possível verificar que a energia elétrica necessária para o aquecimento da edificação aumentou em todas as simulações quando comparadas ao caso de referência, que não possuía nenhum dispositivo de bloqueio da radiação solar. Isso se dá pelo fato de que o aquecimento é utilizado principalmente no inverno e os dispositivos bloquearam a entrada de calor proveniente do sol, fazendo assim com que fosse necessária mais intervenção e, conseqüentemente, mais consumo de energia para aquecer o ambiente. Por fim, como foi



possível observar, a redução no resfriamento compensou esse aumento e tornou o edifício mais eficiente energeticamente nas simulações.

Como trabalhos futuros espera-se realizar um estudo aprofundado da geometria solar, bem como a realização de novas simulações com a diversificação dos tipos de brises solares e novas agendas de abertura e fechamento das cortinas para a melhoria da eficiência energética no modelo de edifício de salas de escritórios.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da ATITUS Educação e à Fundação Meridional, os quais disponibilizaram os meios para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALLOUHI, A.; EL FOUIH, Y.; KOUSKSOU, T.; JAMIL, A.; ZERAOU, Y.; MOURAD, Y. Energy consumption and efficiency in buildings: current status and future trends. *Journal of Cleaner Production*. p. 1-13, 2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. – **ABNT. NBR 15.220**. Norma Brasileira de Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. – **ABNT. NBR 15.575** Norma Brasileira de Edifícios habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. – **ABNT. NBR 16.401** Norma Brasileira de Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

CARLO, J. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envolvimento de Edificações não Residenciais**. 2008. Tese de doutorado, Programa de PósGraduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CUNHA, Eduardo G. ZECHMEISTER, Doris. MELO, Evanisa Quevedo. MASCARÓ, Juan José. VASCONCELLOS, Luciano de. FRANDOLOSO, Marcos Antônio Leite. **Elementos de Arquitetura de Climatização Natural**. Porto Alegre: Masquatro, 2 ed, 2006.

DIAS, L. de S.; SOUZA, H. A. de; GOMES, A. P.; CAETANO, L. F.; CAMARGOS, B. H. L.; TRIBESS, A. Simulação termoenergética e lumínica de fachadas com brises no clima tropical. **PARC Pesq. em Arquit. e Constr.**, Campinas, SP, v. 14, n. 00, p. e023001, 2023. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v14i00.8667538>

DOE – U. S. DEPARTMENT OF ENERGY. Building Energy Software Tools Directory. Disponível em: <http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/alpha_list.cfm>. Acesso em: 03 mar. 2024.

ENERGYPLUS. Programa de simulação computacional termoenergética, versão 22.1.0. Disponível em: <<https://energyplus.net/downloads>>. Acesso em: 02/03/2024.

GHULE, R.; TAYADE, N.; PADVI, S.; NAGOTI, H.; NARWADE, D.; HIRAY, P. **Sustainable Building. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**, v.5, n. 1, p. 1179-1183. 2018. Disponível em: <https://www.irjet.net/archives/V5/i1/IRJET-V5I1251.pdf>. Acesso em: 04 mar.2024.

KNOP, Stifany. Docente da UFPEL: **COMPORTAMENTO TERMOENERGÉTICO DE EDIFICAÇÃO HISTÓRICA COM NOVO USO NA CIDADE DE PELOTAS: O Caso do Casarão 02 – Secretaria Municipal da Cultura**. Pelotas, 2012. 143 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, 2012.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2a edição. São Paulo: ProLivros, 2004.



LEITZKE, Rodrigo Karini et al. Avaliação de dispositivos de proteção solar fixos e automatizados para edifício residencial. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 8, n. 1, p. 59-72, mar. 2017. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8649657>>. Acesso em: 09 set. 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.20396/parc.v8i1.8649657>.

LIMA, K.M et al. O POTENCIAL DE BRISES DINÂMICOS EM ESCRITÓRIOS QUANTO AO USO DE ENERGIA EM CLIMAS TROPICAIS. Aceito para publicação. **Ambiente Construído**, 2015.

Lopes, Maurício & Carlo, Joyce & Melo, Ana & Lamberts, Roberto. (2009). O USO DA SIMULAÇÃO NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS. 10.13140/2.1.3106.8162.

National Renewable Energy Laboratory. (2016). Legacy OpenStudio SketchUp Plug-in (versão 0.9.4.4). Disponível em: <https://www.openstudio.net/legacy-openstudio-sketchup-plugin>. Acesso em: 02 mar.2024.

PAGEL, E. C.; GOUVEIA, G. L. O.; MARTINS, R. S.; CRUZ, M. V. G Ventilação natural e desempenho térmico sob diferentes configurações de aberturas em uma sala de aula. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 22, n. 3, p. 133-157, jul./set. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212022000300612>.

SANTOS, I. G. dos; Souza, R. V. G. de Proteções solares no Regulamento brasileiro de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 227-241, jan./mar. 2012.

SILVA, J. S.; AMORIM, C. N. D. O Brise-soleil como elemento de controle solar: Estudo de caso de um edifício no Plano Piloto de Brasília. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL NUTAU, 7, São Paulo, 2008. **Anais [...]**. São Paulo: USP, 2008.

SKETCHUP. Disponível em: <https://www.sketchup.com/pt-BR/products/sketchup-for-web>. Acesso em: 02 mar. 2024.

TOUMA, A. Al.; GHALI, K.; GHADAR, N.; ISMAI, N. Solar chimney integrated with passive evaporative cooler applied on glazing surfaces. **Energy**, v. 115, part 1, p. 169–179, Nov. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.09.020>.

TREICHEL, S. **Avaliação do Desempenho Térmico da Arquitetura Pomerana da Serra dos Tapes**: Estudo no Quarto Distrito de São Lourenço do Sul – RS. 2018. 146 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, 2018.

XAVIER, A. A. P. **Predição de conforto térmico em ambientes internos com atividades sedentárias Teoria física aliada a estudos de campo**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina (Tese de Doutorado), Florianópolis-SC, 2000, 251p.