



# ENTAC 2024

XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO  
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024



## Avaliação térmica e lumínica em escolas padrão FDE: Abordagem do fator WWR

Thermal and light assessment in FDE standard schools:  
Approach of WWR factor

**Sophia Uzum Sartori**

Universidade Presbiteriana Mackenzie | São Paulo | Brasil | uzumsophia@gmail.com

**Loyde Vieira de Abreu-Harbich**

Universidade Presbiteriana Mackenzie | São Paulo | Brasil |  
loyde.harbich@mackenzie.br

### Resumo

A proporção de áreas envidraçadas e opacas (*Window-to-Wall Ratio - WWR*) influencia nos ganhos de calor e no aproveitamento da luz natural. O objetivo é avaliar os ganhos térmicos e iluminação natural em escolas de padrão Fundação do Desenvolvimento da Educação (FDE) de acordo com a proporção de área envidraçada e opaca (*WWR*). Metodologia: a) seleção de três estudos de caso de escolas de padrão FDE no estado de São Paulo; b) simulações computacionais de ganho solar no *software Rhinoceros e LadyBug*, simulações de iluminância nos interiores das salas de aulas no *software ReluxPro*, e análises de transmitância de calor nos materiais da envoltória dos edifícios; c) análise estatística descritiva dos resultados. Fachadas com *WWR* igual a 0,68, orientadas a norte com proteção solar podem reduzir a carga térmica em 34% no verão e 26% no inverno e reduzir a disponibilidade de luz natural em 48% no verão e 53% no inverno, mantendo a iluminação adequada para a função. Há necessidade de estabelecer diretrizes projetuais que possam promover a iluminação natural e conforto térmico para função e ao mesmo tempo, um controle dos gastos térmicos.

Palavras-chave: Conforto Luminoso. Ganhos solares. Proporção de área envidraçada e opaca, Edifícios Escolares, Simulação termo energética

### Abstract

*The proportion of glazed and opaque areas (Window-to-Wall Ratio - WWR) influences on thermal gains and use of natural light. The objective is to evaluate thermal gains and natural lighting in buildings of Education Development Foundation (FDE) standard according to the proportion of glazed and opaque area (window-to-wall ratio -WWR). Methodology: a) study case selection of three buildings of FDE at São Paulo state; b) computational simulations of solar gains in the Rhinoceros and LadyBug software, illuminance simulations inside classrooms in the ReluxPro software, and heat transmittance analyzes in building envelope materials; c) descriptive statistical analysis of results. Facades with WWR equal to 0.68, facing north with solar protection can reduce thermal load by 34% in summer and 26% in winter and reduce excess natural lighting by 48% in summer and 53% in winter, maintaining adequate lighting for the function. There is a need to establish design guidelines that can promote natural lighting and thermal comfort for function and, at the same time, control thermal costs.*



Como citar:

SARTORI, S. U.; ABREU-HARBICH, L. V. Avaliação térmica e lumínica em escolas padrão FDE: Abordagem do fator WWR. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió.

Anais... Maceió: ANTAC, 2024.

*Keywords: Lighting Comfort, thermal gains, window-to-wall ratio, school buildings, thermal energy simulation*

## INTRODUÇÃO

As escolas públicas estaduais do padrão da Fundação de Desenvolvimento da Educação (FDE) criado em 1987, tem como objetivo implantar e gerir programas e projetos que focam no crescimento e aprimoramento da rede institucional pública. As diretrizes relacionadas ao conforto ambiental, como a implementação de elementos de fachada, foram incorporadas à leitura técnica de modo espontâneo e indireto [1]. Ou seja, a eficácia dos elementos da fachada pode não ser ideal, pois a proteção solar da fachada pode reduzir a carga térmica e deixar o ambiente com iluminação natural comprometida, sendo necessário o uso de iluminação artificial.

De acordo com o Anuário Estatístico de Energia Elétrica da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) [2], os edifícios-escolares registraram um aumento gradual perceptivo de 2012 a 2019 de 4,4 GWh devido a iluminação artificial de ambientes internos. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (ABILX), as escolas brasileiras utilizam 90% da iluminação artificial durante seu uso [3]. Destaca-se que iluminação natural inadequada, abaixo dos limites estabelecidos pela NBR ISO/CIE 8995-1: [4], pode promover alterações no ciclo circadiano das pessoas, tais como sonolência, redução do rendimento no trabalho, dificuldade de na execução das atividades [5].

Outro quesito a ser discutido é a insatisfação térmica. A necessidade cada vez mais constante do uso de métodos artificiais de controle térmico, principalmente de ar-condicionado, estão conectados com o presente aumento das temperaturas globais devido a mudança climática[6].

A proporção de áreas envidraçadas e opacas (*Window-to-Wall Ratio - WWR*) entra diretamente na problemática aqui exposta, de modo que a necessidade de equilíbrio entre estas áreas reduz o consumo de energia com ar-condicionado e utilização de luz artificial. O objetivo é avaliar os ganhos térmicos e iluminação natural em escolas de padrão Fundação do Desenvolvimento da Educação (FDE) de acordo com a proporção de área envidraçada e opaca (*WWR*).

## REFERENCIAL TEÓRICO

Sobre do clima, Gouveia *et al.* [7] avaliaram o conforto ambiental e o consumo energético de dois edifícios escola da rede estadual padronizados, considerando a tipologia das aberturas. Os resultados expuseram a diferença drástica entre as duas cidades pois o projeto não considerou as particularidades climáticas da região.

Logo, o estudo de materiais adequados para a envoltória pode ser uma possibilidade de atingir o balanço energético sem prejudicar as questões de conforto térmico e lumínico. Destefani e Nico-Rodrigues [8] observaram que fachadas de pele de vidro de edificações comerciais são elementos notórios em questões como transmitância de luz

e determinantes no conforto térmico. Neste estudo, o desempenho térmico das fachadas demonstrou a necessidade de quase 100% de climatização artificiais para edifícios que continham vidro como materialidade de envoltória externa. Pinto e Westphal [9] e Destefani e Nico-Rodrigues [8] afirmam que a materialidade em fachadas envidraçadas tem relação com a transmitância de calor por peles de vidro e a alta demanda do uso do condicionamentos internos. Salienta-se a necessidade de avaliar os ganhos de energia por radiação de acordo com a geometria solar e a área da envoltória.

Jordão *et al.* [10] avaliaram a influência de parâmetros relacionados à envoltória de edificações de escritórios a partir do novo método de avaliação simplificado do PBE Edifica (INI-C). Por meio de variações nas fachadas envidraçadas - o tipo de vidro, percentual de abertura da fachada, sombreamento e a carga interna de iluminância – edifícios em duas cidades de grupos climáticos distintos - Cuiabá (MT) e Curitiba (PR) - foram comparados com as classificações de eficiência energética. Os resultados mostraram que o uso de vidro laminado e o percentual de abertura de fachadas em 40% demonstraram ser os mais eficientes energeticamente em todos os casos, independente das cidades.

Vieira [11] avaliou um edifício por meio de simulações de ganho solar e como este impacta no consumo de energia e nas necessidades térmicas do edifício. Os resultados e soluções dadas nestes estudos apontaram que as simulações são essenciais na coleta de resultados. Da mesma forma, Boscardin [12] utilizou de ferramentas computacionais para analisar o trabalho de Konigsberger Vannucchi arquitetos associados entre 1992 e 2017 na cidade de São Paulo. A partir de simulações paramétricas e análises de desempenho lumínico de edifícios, conclui-se que estudos sobre o consumo de energia em edificações e formas de economia de energia se fazem cada vez mais necessários para que o impacto negativo das edificações do alto consumo de energia possa ser reduzido.

Analisando o aproveitamento da iluminação natural e o bem-estar dos seus ocupantes, sob o ponto de vista do desempenho do circo circadiano dos usuário, Figueiredo [5] observou que 60% de WWR de todas as suas fachadas de um edifício de escritórios era considerado excessivo, de acordo com Goia [13], ou seja, valores acima de 2000lx é um indicador global do risco de ofuscamento.

Estudos que combinam simulações térmicas e iluminação integrada pode auxiliar na definição de diretrizes projetuais que visem o controle térmico e o uso da iluminação natural de maneira adequada a atividade do ambiente interno. Por exemplo, Goia [12] observou-se que o WWR ideal para latitudes entre 35º e 60º N, de climas temperados e continentais era entre  $0,30 < WWR < 0,45$ . Os resultados indicam que, embora exista um WWR ótimo em cada clima e orientação, a maioria dos valores ideais pode ser encontrada em uma faixa relativamente estreita ( $0,30 < WWR < 0,45$ ). Somente fachadas orientadas para o sul em climas muito frios ou muito quentes requerem valores WWR fora dessa faixa. Já em climas quentes, há necessidade de estabelecer um WWR ideal para orientar arquitetos e projetistas.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS



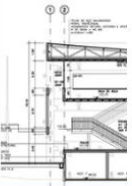




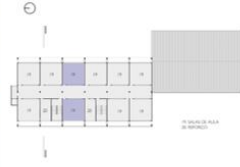
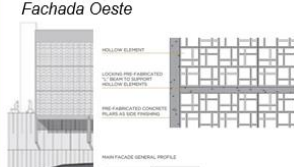




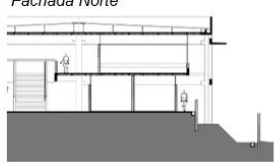

O método utilizado abordou questões quantitativas e qualitativas quanto a iluminação natural e o ganho solar nos ambientes de sala de aula dos estudos de caso, sendo eles a FDE Campinas, FDE Parque Dourado V e FDE Várzea Paulista.

### SELEÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

A primeira etapa da pesquisa foi entrar em contato por e-mail, e quando necessário por redes sociais, com os escritórios terceirizados que realizaram os projetos das respectivas escolas, sendo Escola FDE Campinas do MMBB, Escola FDE Várzea Paulista da FGMF e Escola FDE Votorantim do grupo SP. O critério de escolha considerou latitudes próximas para uma avaliação comparativa entre os edifícios.

A figura 1 apresenta a coleta de materiais gráficos destes projetos, desde plantas, cortes e fachadas até detalhamentos de vedações e revestimentos utilizados. Por sua vez, a maioria dos escritórios estava disposto a ajudar e cedeu grande parte dos materiais em apoio à pesquisa.

**Figura 1: Escolas selecionadas neste estudo**

	<i>Foto Fachada</i>	<i>Planta Baixa</i>	<i>Corte - Detalhe</i>	<i>Detalhe</i>
<i>FDE Campinas</i>			<i>Fachada Norte</i>  <i>Fachada Sul</i> 	<i>Fachada Norte</i>  <i>Fachada Sul</i> 
<i>FDE Várzea Paulista</i>			<i>Fachada Oeste</i> 	<i>Fachada Oeste</i>  <i>Fachada Leste</i> 
<i>FDE Votorantim</i>			<i>Fachada Norte</i> 	<i>Fachada Norte</i> 

Nota: Adaptado pelo autor. Fonte: [14]

Devido a pandemia de Covid-19, as escolas limitaram as suas atividades no período de 2020 e 2021, entretanto, mesmo com a determinação de retorno às aulas presenciais no estado de São Paulo em 2022, as escolas permaneceram fechadas, impossibilitando a visita em campo para a conferência de medidas e revestimentos. Desse modo, as informações e referências utilizadas dos estudos de caso dependeram completamente do conteúdo que os escritórios forneceram.

A escola FDE Campinas localiza-se na cidade de Campinas (lat.22°54'S; Long.47°03'W) onde no solstício de inverno possui incidência solar de 10 horas e 44 minutos e no solstício de verão de 13 horas e 32 minutos. O projeto abrange o ensino fundamental de 1ª a 4ª série, incluindo uma quadra poliesportiva. O térreo se desenvolve em torno da quadra sem divisões, preservando todo o terreno contínuo, do pátio aberto

ensolarado do lado norte às entradas da escola no lado sul, organizadas pelo bloco administrativo. Do mesmo modo, nos andares superiores, os espaços de circulação e convívio também foram organizados ao redor do vazio da quadra, que estabelece assim a conexão do conjunto dos espaços da escola. O projeto abrange uma área de 3.000 m<sup>2</sup> seguindo padrões de construção FDE dado pelo Governo do Estado de SP, tanto para o programa quanto para o sistema construtivo e suas metragens. Neste estudo de caso, foram analisadas duas salas de aula, uma na orientação norte e uma na orientação sul onde ambas não apresentam proteções solares em suas fachadas.

O FDE Várzea Paulista se localiza no município de Várzea Paulista (lat.23°12'S, long. 46°49'W), em São Paulo, em que no solstício de inverno o a incidência solar dura 10 horas e 47 minutos e no solstício de verão 13 horas e 34 minutos. Possui um bloco com três pavimentos e outro com apenas o piso térreo onde localiza-se a quadra. O térreo do prédio concentra funções administrativas, refeitório cozinha e banheiros. Os demais pavimentos são ocupados pelas salas de aula, salas-ambiente, informática e depósitos, além de salas de professores e diretores. O galpão coberto, no térreo, tem pé-direito duplo e é totalmente aberto para a área de lazer externa. O projeto conta com 2700 m<sup>2</sup> de área construída seguindo também os padrões FDE de sistema construtivo e programático. Neste estudo de caso foram analisadas salas de aula da orientação leste e da orientação oeste sendo que, ambas possuem proteções solares diferentes entre si.

A escola FDE de Votorantim se localizado no município de Votorantim (lat. 23°32'S long. 47°26'W), em São Paulo, o solstício de inverno o dia dura 10 horas e 28 minutos e o solstício de verão o dia dura 13 horas e 30 minutos. O projeto contempla uma área construída de 3525 m<sup>2</sup> de modo que a escola está organizada em dois blocos, articulados por uma rampa que estabelece um vínculo entre ambos. O bloco didático, na face norte, está implantado no alinhamento do terreno e abre-se para um bosque. Todas as salas de aula desfrutam de uma mesma vista, com exceção dos estúdios e biblioteca que se relacionam com lado interno do conjunto. Novamente, conta com os padrões de construções programáticos e construtivos do modelo FDE. Neste estudo de caso, há apenas uma orientação das salas de aula, sendo ela norte com proteção solar na envoltória. Detalhes sobre a envoltórias estão na tabela 1.

**Tabela 1: Ficha Técnica das salas dos estudos de caso das escolas FDE**

Escolas	Vedações	Revestimentos externos	Proteções solares	Dimensões	Localização
FDE Campinas	Bloco de alvenaria estrutural 19x19x39cm U= 3.01 W/m <sup>2</sup> .K	Reboco + Pintura acrílica azul $\alpha= 0,6$	Não há nas salas de aula, somente beiral	Ambas com 7,0m x 7,0m x 3,20m (49,0m <sup>2</sup> )	2º Pavimento
FDE Várzea Paulista	Bloco de alvenaria estrutural 19x19x39cm U= 3.01 W/m <sup>2</sup> .K	Reboco + Pintura acrílica amarela $\alpha= 0,4$	Leste: Chapas metálicas perfuradas Oeste: Elementos vazados em concreto	Ambas com 7,0m x 7,0m x 3,20m (49,0m <sup>2</sup> )	2º Pavimento
FDE Votorantim	Bloco de alvenaria estrutural 19x19x39cm U= 3.01 W/m <sup>2</sup> .K	Reboco sem pintura $\alpha= 0,6$	Brisas verticais de madeira fixos	7,0m x 7,0m x 3,20m (49,0m <sup>2</sup> )	2º Pavimento

Fonte: o autor.

Observa-se na tabela 2 que o valor da transmitância precisa respeitar níveis estabelecidos em diferentes zonas climáticas e valores da absorptância da superfície externa da parede em questão [15].

**Tabela 2: Transmitância Térmica dos materiais presente na NBR 15575-4**

Transmitância Térmica U (W/m <sup>2</sup> .K)		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	α <sup>a</sup> ≤ 0,6	α <sup>a</sup> > 0,6
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5

α<sup>a</sup> é a absorptância à radiação solar da superfície externa da parede

Fonte: ABNT NBR 15575-4 [15]

O valor de U dos materiais utilizados na envoltória dos estudos de caso e possui um valor de U de aproximadamente 3.01 W/m<sup>2</sup>.K [15]. Com a pintura acrílica amarela presente na FDE Várzea Paulista, o material ainda se encaixa na norma, de modo que o valor de absorptância desta cor de tinta é 0,44 [16], fazendo com que o U do material utilizado possa alcançar o valor de até 3,7 W/m<sup>2</sup>.K. Já o caso da FDE Campinas, a cor azul possui uma absorptância de 0,7 [16], fazendo com que o material da envoltória precise atingir no máximo 2,5 de transmitância, sendo assim, estando fora de norma

## SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

A partir disso, o método empregado foi:

- Levantamentos 3D virtuais no *software* de arquitetura *Sketchup* dos projetos;
- Compatibilização do Modelo 3D do *Sketchup* para o *software* *Rhinoceros* dentro do *plugin* *Grasshopper*, no qual a ferramenta *LadyBug* opera [17];
- Desenvolvimento de simulações de ganho solar na ferramenta *LadyBug*;
- Cálculo de transmitância solar das salas de aula (desempenho térmico);
- Compatibilização do modelo 3D no *software* *ReluxPro* [18] para analisar a iluminância das salas de aula;
- Comparação dos resultados de iluminância das salas de aulas com a norma de iluminação, NBR ISO/CIE 8995-1 [19], ou seja, mínimo de 300 lx;
- Conferência da proporção de área opaca e área envidraçada (*WWR*);
- Análise da materialidade da envoltória através de valores de transmitância e absorptância;
- Comparação dos resultados com a norma de transmitância de materiais em paredes externas [15]
- Comparação e análise dos resultados obtidos.

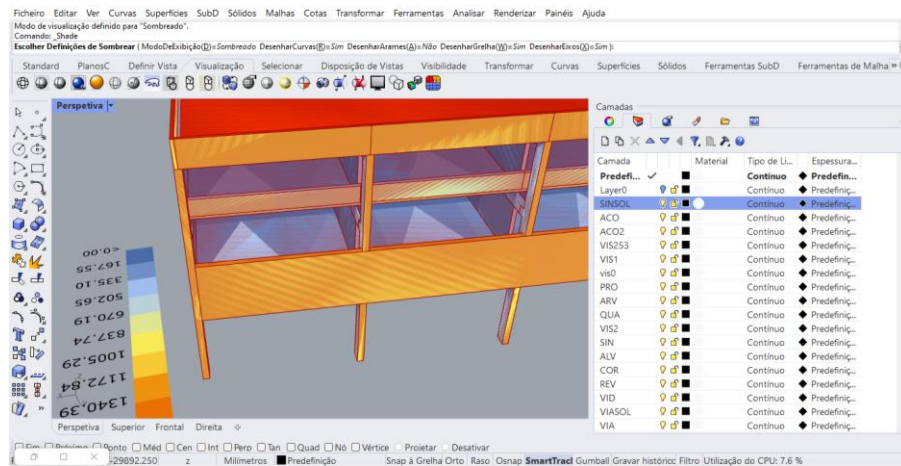
A ferramenta *LadyBug* é um *plugin* do *software* *Rhinoceros 3D* que importa arquivos padrão do *EnergyPlus Weather* (.EPW) para o *Grasshopper*, que é uma interface de programação visual ativa que utiliza linguagem visual baseado em *inputs* e *outputs*, associados à lógica e matemática (algoritmos) (figura 2).

O *LadyBug* fornece uma variedade de gráficos climáticos interativos 2D e 3D de ganho solar, incidência de luz, ventos predominantes etc., que dão suporte para tomada de decisões em estágios iniciais de projeto tanto quanto análise de projetos já finalizados. Os resultados desta simulação foram apresentados em Kwh/m<sup>2</sup>, quando se fala do quesito de ganho solar (figura 3).

O software *ReluxPro* é um aplicativo de alto desempenho operado para simular luz artificial e luz do dia simultaneamente. Neste caso, as simulações propostas foram apenas de luz natural, assim para observar a qualidade de aproveitamento do ganho da luz solar (figura 4).

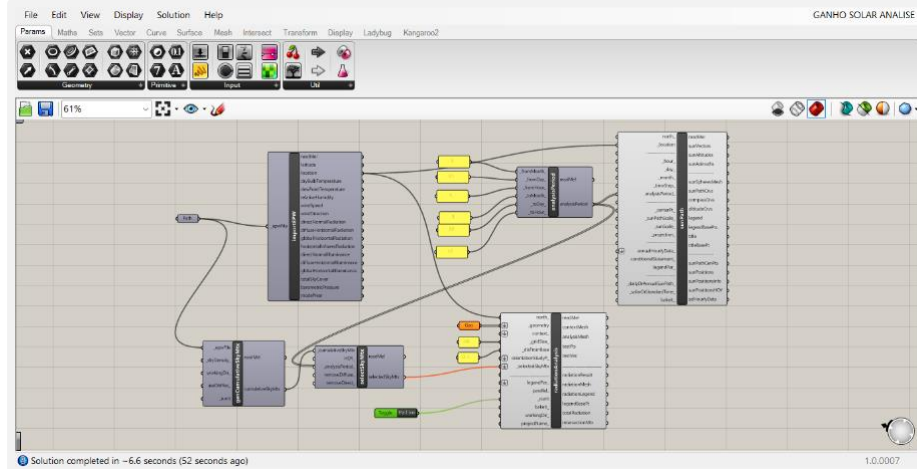
Nos 3 estudos de caso, considerou-se a escolha de uma sala de aula em cada orientação que existisse no projeto, para que a análise e discussão abrangessem todas as orientações, tornando a pesquisa mais rica.

**Figura 2: Imagem Software Rhinoceros com simulação de ganho solar**



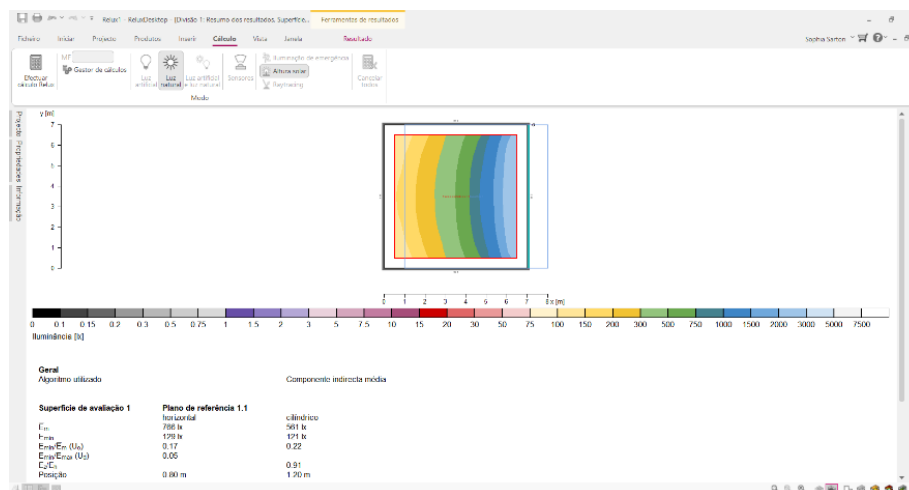
Fonte: Autoria Própria

**Figura 3: Imagem Software Grassopper + Ladybug com a programação de ganho solar.**



Fonte: Autoria Própria

**Figura 4: Imagem Software Relux com simulação de iluminância.**



Fonte: Autoria Própria

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os critérios utilizados para as simulações são: as mesmas datas e horários para que as comparações sejam viáveis. A escolha foi um dos picos de atividade das escolas selecionadas nos estudos de caso, sendo esse o intervalo das 8 horas da manhã e o meio-dia. As datas em análise foram os solstícios de verão e inverno, de modo a comparar os ganhos solares e iluminância entre o dia mais longo e o mais curto do ano e a temperatura. Para analisar os resultados das simulações, utilizou-se estatística descritiva. Para comparar as variações de iluminância, utilizou-se o teste de variância tendo referência os limite da norma igual a 300 lx [4]. Já a análise dos ganhos de calor, foi o teste de variância foi calculado apenas fachadas orientadas para norte.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

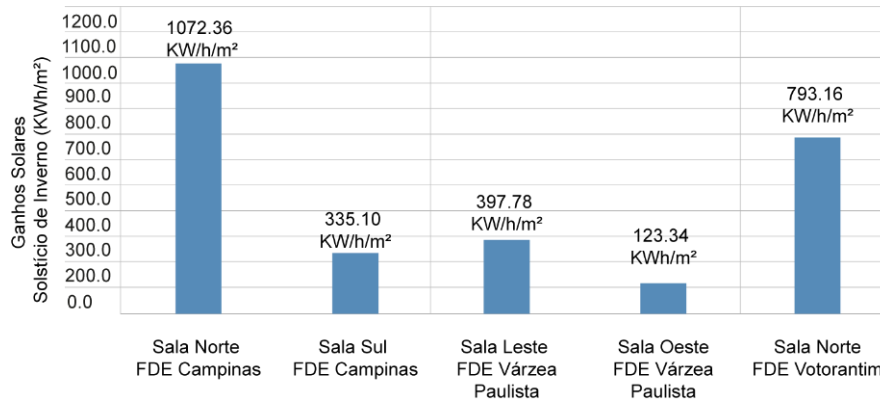
### GANHOS SOLARES

Com o objetivo de analisar os ganhos solares das salas de aula dos edifícios selecionados, foi feita a simulação através do *software Rhinoceros* com a extensão *LadyBug*, com a finalidade de determinar as diferenças desses ganhos conforme orientação e proteções solares quando existirem (figura 5 e 6).

Pode-se analisar que a sala de aula de orientação norte que não possui proteção solar, a do estudo FDE Campinas, recebe um ganho solar em quantidades exacerbadas no solstício de inverno (onde a incidência de sol é direta nesta orientação), enquanto a sala de aula norte do estudo FDE Votorantim tem uma redução visível devido ao uso de proteções solares. As orientações Leste-Oeste do estudo FDE Várzea Paulista têm o seu ganho controlado devido a utilização das proteções solares, em que estas seguram o ganho de calor. A orientação oeste recebe ainda menos ganho solar devido o horário de análise, em que não há incidência direta. A orientação sul do estudo FDE Campinas recebe apenas uma quantidade maior de ganho solar no período de verão devido a incidência, enquanto no inverno é mediana.

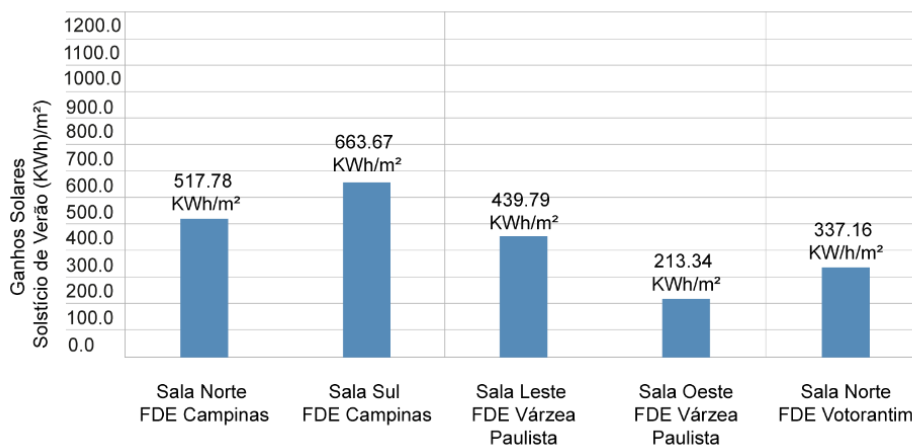
**Figura 5: Resultados de ganho solar no inverno.**





Fonte: Autoria própria

**Figura 6: Resultados de ganho solar no inverno**



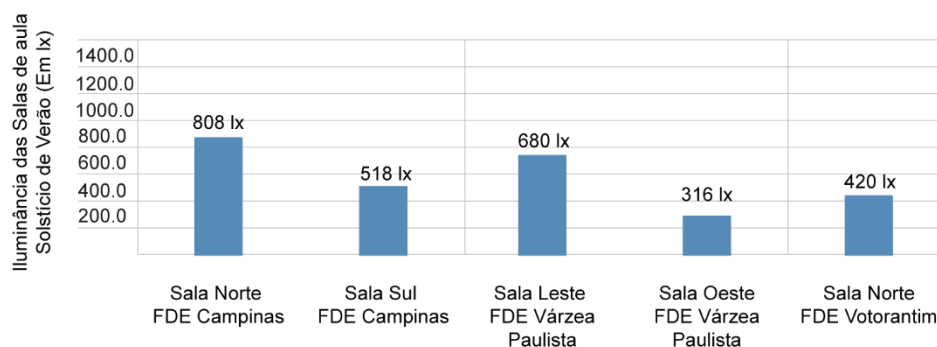
. Fonte: Autoria própria

## ILUMINÂNCIA MÉDIA

Com o objetivo de analisar a iluminância no plano de trabalho das salas de aulas, foi proposta a simulação computacional utilizando o *software ReluxPro* de modo a comparar o ganho de luz natural nas diferentes orientações e quando proteções solares se fazem presentes ou não. As salas de aula foram configuradas com as paredes internas e tetos relativamente claros (concreto pré-moldado sem revestimento interno). Esta simulação, desenvolvida apenas com a iluminação natural, resulta na iluminância média no período proposto (Em) que é com a unidade em lux (lx), para verão (Figura 7) e inverno (figura 8).

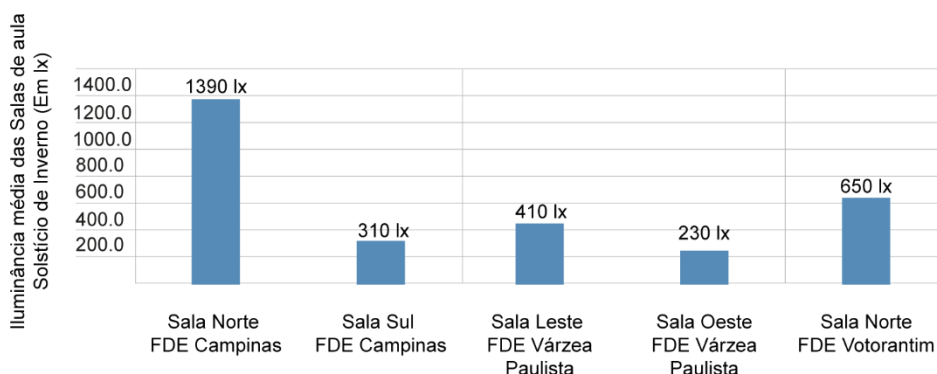
Levando-se em consideração a norma de iluminância em trabalho vigente [4] (que exige um mínimo de 300 lx de iluminância média em salas de aula), a sala com proteção solar, do estudo de caso FDE Votorantim de orientação norte, atende a norma tanto no solstício de verão quanto no solstício de inverno. Já as que não possuem proteção solar na orientação norte, FDE Campinas, sofreram com um exacerbado ganho de luz natural. As salas Leste-Oeste, do estudo FDE Várzea Paulista em que ambas possuem proteções solares, no solstício de verão atendem a norma, entretanto no inverno, a sala com orientação oeste fica com uma alta taxa de sombreamento. A sala de orientação sul do estudo FDE Campinas, que não possui proteção solar, também atende a norma em ambos os solstícios.

**Figura 7: Resultados de iluminância média, solstício de verão.**



Fonte: Autoria própria

**Figura 8: Resultados de iluminância média, solstício de inverno.**



Fonte: Autoria própria

As simulações também mostraram que, por mais que a norma de iluminância média foi atendida na maioria dos estudos de caso, a distribuição de luz natural nas salas de aula que possuem elementos de proteção, é precária. Isso faz com que haja a necessidade do uso de luz artificial e consequente gasto energético. Em contrapartida, as salas sem proteções solares com uma boa distribuição de luz e em excessiva quantidade, pode causar ofuscamento [15].

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo investigou a realidade das salas de aula de escolas do padrão FDE, a fim de analisar o ganho solar, e disponibilidade de luz natural adequada, estabelecendo assim relações com a razão de áreas opacas e envidraçadas dos estudos devido às proteções solares existentes.

Fachadas com WWR igual a 0,68, orientadas a norte com proteção solar podem reduzir a carga térmica em 34% no verão e 26% no inverno e reduzir a disponibilidade de luz natural em 48% no verão e 53% no inverno, mantendo a iluminação adequada para a função. Fachadas orientadas para oeste com WWR igual a 0,34 tiveram iluminação inadequada em 30% no inverno.

Conclui-se que há uma relação direta dos ganhos solares e iluminâncias com as proteções utilizadas. Deste modo, quando não há uma proteção, há muita entrada de

luz natural e um ganho solar exacerbado; enquanto quando há proteção a luz natural é insuficiente e o ganho solar reduzido.

Sugere-se que o ideal o uso de proteções reguláveis onde controlem a entrada da luz e o ganho solar no decorrer do ano e em suas estações, assim como iluminações artificiais que possam ser reguladas para que o seu uso na íntegra seja apenas em períodos essenciais.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos o patrocínio do Fundo Mackenzie de Pesquisa (MACKPESQUISA) pelo patrocínio dessa pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- [1] NOGUEIRA, R. A. M.F.. **Arquitetura escolar estadual paulista: o desafio do Conforto Ambiental**. 2011. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- [2] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (BRASIL). **Resenha Mensal: O consumo de energia elétrica no Brasil em setembro de 2020 totalizou 40.227 GWh**. 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/resenha-mensal-o-consumo-de-energia-eletrica-no-brasil-em-setembro-de-2020-totalizou-40-227-gwh>. Acesso em: 10 abr.
- [3] BERTELOTTI, D.. **Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia**. 2007. 144 f. Monografia (Especialização) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 8995-1: **Iluminação de ambientes de trabalho**. Rio de Janeiro.2013
- [5] DE FIGUEIREDO, E. C. ABORDAGEM DO RITMO CIRCADIANO NO PROJETO DE ILUMINAÇÃO NATURAL EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS. **ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v. 16, p. 1478-1487, 2021.
- [6] SOARES, G M; BAVARESCO, M.; GNECCO, V.; AZEVEDO, L.;GHISI, E.; FOSSATI, M. Análise estatística da intensidade do uso de energia de edificações escolares no Brasil: Proposição de *benchmarking* simplificado Anais. Encac 2021. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2021, Palmas (TO). **Anais [...]**. Palmas (TO): Anais, 2021. p. 430-439. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/encac2021/>. Acesso em: 10 abr. 2022
- [7] GOUVEIA, G. L. O.; CRUZ, M. V. G.; PAGEL, É. C.; MARTINS, R. S. DESEMPENHO TÉRMICO E CONSUMO ENERGÉTICO EM UMA SALA DE AULA PADRONIZADA: “IMPACTO DO MODELO DE JANELA EM DUAS CIDADES DA ZB 8”. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2021. **Anais [...]**. [S. l.], 2021. p. 830–839. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/4467>. Acesso em: 10 abr. 2022.

- [8] DESTEFANI, L. B. G.; NICO-RODRIGUES, E. A. A pele dos edifícios comerciais: análise de desempenho térmico dos sistemas de fachada e materiais de revestimento. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2021, Palmas (TO). **Anais [...]**. Palmas (TO): Anais, 2021. p. 430-439. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/encac2021/337188-a-pele-dos-edificios-comerciais--analise-de-desempenho-termico-dos-sistemas-de-fachada-e-materiais-de-revestimento/>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- [9] PINTO, M. M.; WESTPHAL, F. S. Avaliação de conforto térmico em estações de trabalho localizadas próximo a fachadas envidraçadas: modelos de ajuste solar. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2021, Palmas (TO). **Anais [...]**. Palmas (TO): Anais, 2021. p. 668-677. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/encac2021/338898-avaliacao-de-conforto-termico-em-estacoes-de-trabalho-localizadas-proximo-a-fachadas-envidracadas---modelos-de-aj/>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- [10] JORDÃO, B.; MENDES, L. S.; SOUZA, L. P.; RAMOS, G.; DE VECCHI, R.; FOSSATI, M.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS DA ENVOLTÓRIA NA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES DE ESCRITÓRIO COM BASE NO NOVO MÉTODO DE AVALIAÇÃO SIMPLIFICADO DO PBE EDIFICA (INI-C). In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2021. **Anais [...]**. [S. l.], 2021. p. 1381-1390. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/4569>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- [11] VIEIRA, N. M. S. **Iluminação Natural e Ganhos Solares em Edifícios**. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2020. 64 p.
- [12] BOSCARDIN, L. **Konigsberger Vannucchi arquitetos associados**: simulações paramétricas e análises de desempenho lumínico de edifícios residenciais produzidos entre 1992 e 2017 na cidade de São Paulo. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2021. 328 p
- [13] GOIA, F. Search for the optimal window-to-wall ratio in office buildings in different European climates and the implications on total energy saving potential. **Solar Energy**, [S.L.], v. 132, p. 467-492, jul. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2016.03.031>.
- [14] **GALERIA DA ARQUITETURA**, 4 abr. 2023. Disponível em: <https://www.galeriadaarquitetura.com.br/> Acesso em 4 de abril de 2023.
- [15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 15557: **Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro. 2021.
- [16] **PROJETEEE– Projetando Edificações Energeticamente Eficientes**. 8 ago 2023. Disponível em: Sobre o ProjetEEE - ProjetEEE (mme.gov.br), acesso em 8 ago. 2023.
- [17] MACKEY, C. ; ROUDSARI, M.S. Ladybug Tools (1.6) [Python; Windows] disponível em: <https://www.ladybug.tools/index.html#header-slide-show> acesso em 8 ago. 2023
- [18] RELUX PROFESSIONAL (2011), User Manual, [Online]. Disponível: <http://www.relux.biz/> acesso em 8 ago. 2023