XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Potencial de integração da luz natural na INI-C em edificação de ensino

Potential for integrating natural light in a teaching building through INI-C

Larissa Arêdes Monteiro
UFMG | Belo Horizonte | Brasil | lam2019@ufmg.br
Ludmila Cardoso Fagundes Mendes
UFMG | Belo Horizonte | Brasil | ludmilamendes@ufmg.br
Roberta Vieira Gonçalves de Souza
UFMG | Belo Horizonte | Brasil | robertavgs@ufmg.br

Resumo

A Instrução Normativa Inmetro para Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) avalia, entre outros itens, o sistema de iluminação. As edificações de ensino têm a iluminação um dos principais usos finais no consumo de energia elétrica e possuem potencial significativo para a integração dos sistemas de iluminação natural e artificial. O estudo comparou o potencial de integração da luz natural, pelos métodos simplificado e de simulação, conforme metodologia da INI-C em edificação de ensino. Concluiu-se que, embora ambos possibilitem a mesma classificação para o sistema de iluminação, a simulação mostra maior potencial de integração.

Palavras-chave: Eficiência energética. Edificações de ensino. Iluminação. INI-C. Simulação.

Abstract

The Inmetro Normative Instruction for the Energy Efficiency Classification of Commercial, Service and Public Buildings (INI-C) evaluates among others, the lighting energy consumption. Lighting is one of the major end-uses in educational buildings energy consumption and also present a significative potential to integrate natural and electric light. The study compared the potential of daylight integration, applying the simplified and simulation methods of INI-C. The results show that although both methods allow the same classification for the lighting system, computer simulation shows greater potential for integration.

Keywords: Energy efficiency. Educational buildings. Lighting. INI-C. Simulation.

Como citar:
MONTEIRO, A. L; MENDES, L. C. F; SOUZA, R. V. G de. Potencial de integração da luz natural na INI-C em edificação de ensino. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. XXX-XXX.

INTRODUÇÃO

No Brasil, foi publicada a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C), que regulamenta a emissão da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) na avaliação de edifícios comerciais, de serviços e públicos [1]. Dentre os principais sistemas de consumo de energia elétrica das edificações analisados pelo sistema estão o condicionamento de ar e a iluminação [1].

Nas edificações de ensino do Brasil este último sistema é um dos principais consumidores de energia elétrica, já que, especialmente as edificações públicas, tendem a ser condicionadas naturalmente. As salas de aula são os ambientes que tendem a apresentar consumo mais significativo. Além disso, parâmetros de conforto visual, como uniformidade da iluminância e ofuscamento, são de grande importância nestes espaços [2].

Diante do cenário no qual a conservação e o uso racional de energia elétrica são cada vez mais discutidos, os estudos relativos à integração entre a luz natural e artificial passaram a ter maior relevância. Aproveitar a luz do dia pode ser uma estratégia primária em edifícios educacionais para reduzir o consumo de energia, melhorar a saúde e o desempenho de alunos e professores no ambiente de aprendizagem [3].

A metodologia da INI-C indica que a classificação do sistema é dada pela comparação da potência instalada na edificação analisada com a de uma edificação de referência. Quando da obtenção de uma classificação nível A, devem-se ainda cumprir 4 pré-requisitos para pelos menos 90% da potência instalada. Como primeiro pré-requisito para a classificação A do sistema de iluminação, a INI-C exige a indicação do potencial de integração. Este não possui restrições quanto aos valores a serem atingidos, mas sua determinação é obrigatória. O potencial de integração pode ser obtido pelos métodos simplificado ou de simulação. No primeiro caso, devem ser delimitadas as zonas primárias de iluminação (ZP), em planta-baixa. Estas resultam em áreas demarcadas, com base na posição e largura das aberturas e na altura da verga. A ZP não deve ser considerada nos ambientes onde o fator da projeção de elementos horizontais (como marquises e brises) em relação ao somatório da altura da abertura com a altura da verga, seja superior a 1,5 ou a 1,0 na fachada sul. Também não são contabilizados locais com área de esquadria inferior a 1,86 m^2.

Pelo método de simulação, deve ser verificada a Exposição Anual à Luz Solar Direta ($EAS_{1000lx,250h}$). Tal medida visa constatar os horários em que o uso de cortinas é necessário para evitar desconforto pela exposição direta à luz do sol, nos ambientes com computadores ou atividades de escrita ou leitura. O potencial de integração é então obtido a partir da determinação das áreas com Autonomia da Luz Natural Espacial de no mínimo 300 lux em 50% das horas diurnas ($ALNE_{300lx,50\%}$), devendo ser usadas persianas na simulação, sempre que indicado pela avaliação anterior. Ambientes onde não há previsão da instalação de persianas por razões relacionadas a seu uso também não devem ser simulados com estes dispositivos. O arquivo climático para a simulação deve conter uma série temporal anual de 8.760 valores horários. Para simulação da luz natural, deve ser considerado o período de 8 h às 18 h [1].

O segundo pré-requisito é a contribuição da luz natural, onde luminárias mais próximas às aberturas devem possuir acionamento independente, garantindo o aproveitamento da luz natural. Em terceiro, está a análise do controle local, onde ambientes de até 250 m² devem possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para ativação da iluminação de forma autônoma. Em quarto, está o desligamento automático, onde sistemas de iluminação de ambientes maiores que 250 m² devem possuir um dispositivo de controle automático para o desligamento da iluminação [1].

Há poucos trabalhos na literatura técnica sobre a metodologia de análise do sistema de iluminação natural integrada ao de iluminação artificial junto à INI-C. Destes, ou são artigos anteriores à publicação definitiva da INI-C, feita em fevereiro de 2021, ou não analisam o método de simulação de luz natural para integração da luz natural [4]; [5].

O presente artigo então visa analisar os métodos simplificado e de simulação que determinam o potencial de integração entre o sistema de iluminação artificial e a luz natural da INI-C.

OBJETIVO

Analisar o potencial de integração da iluminação natural e artificial tomando como estudo de caso uma edificação de ensino superior, através dos métodos simplificado e de simulação da INI-C.

MÉTODO

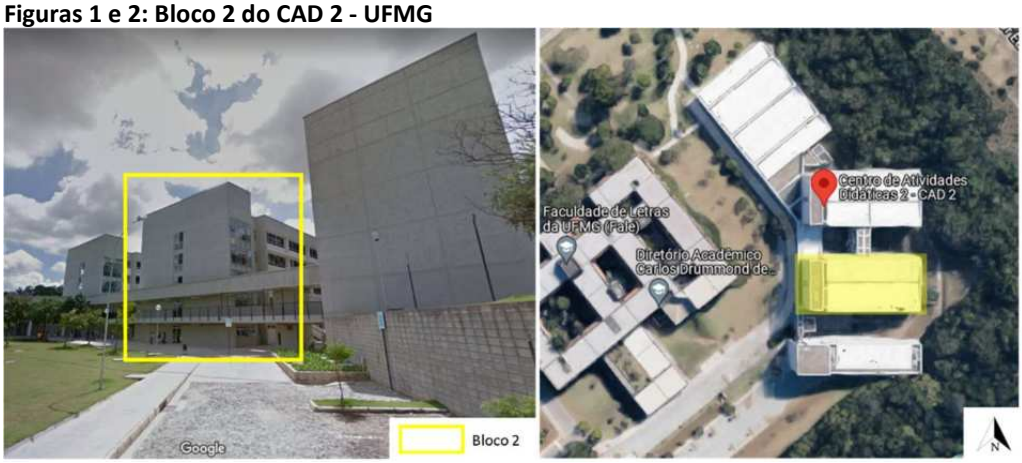
A pesquisa foi dividida em duas etapas. Inicialmente, foi feito levantamento da edificação de estudo. Depois, foi aplicada a metodologia da INI-C para análise do potencial de integração da luz natural, através dos métodos simplificado e de simulação, a fim de se comparar seus resultados. Para o cálculo de área iluminada desconsideraram-se espaços ocupados por elevadores, *shafts* e paredes.

DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O Projeto Oásis é um Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento Institucional firmado em 2019, para a implementação de novas tecnologias conjugadas com produção científica, redução de custos e sustentabilidade energética do *campus* Pampulha da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). O escopo inclui a análise de eficiência energética de edificações, através dos requisitos do sistema de etiquetagem PBE Edifica.

O Centro de Atividades Didáticas de Ciências Humanas (CAD 2) da UFMG possui 4 blocos. Para o estudo de caso, foi selecionado o Bloco 2 (Figura 1), que é conectado por passarelas e blocos de circulação, à norte ao Bloco 1 e à sul ao Bloco 3. À oeste, existe uma área livre gramada e à leste uma área arborizada.

Figuras 1 e 2: Bloco 2 do CAD 2 - UFMG



Fonte: Google Maps (2022), editado pelos Autores.

A edificação possui área de 4.100 m² distribuídos em 5 pavimentos. O 1° pavimento consta de áreas de circulação vertical e pilotis. Os pavimentos de 2 a 5 concentram salas de aula, laboratórios e salas de professores, além de ambientes de permanência transitória. Possuem beiral em concreto nas fachadas norte e sul e brises metálicos nas janelas norte.

Salas de aula, laboratórios e salas de apoio para professores possuem esquadrias de alumínio e vidro com peitoril de 1,2 m. Nos DML o peitoril é de 1,5 m. No hall de elevador do pavimento 1, o peitoril é de 1,2 m e acima há uma pele de vidro contínua, até o 5° andar. Na área de circulação vertical dos três primeiros pavimentos há conexões de acesso ao bloco 1. Já nos pavimentos 4 e 5 a caixa de escada é fechada com vidro contínuo. No hall de circulação de todos os pavimentos há portas em vidro e alumínio. Foi identificado o uso de película nas janelas das salas de aula.

A Tabela 1 indica as propriedades óticas dos materiais para cada componente da edificação.

Tabela 1: propriedades ópticas dos materiais

Material	Propriedade	Fonte
Paredes internas	Branco - Refletância = 84,2%	[6]
Paredes externas	Cinza claro - Refletância = 51,5%	[7]
Piso	Cinza médio – Refletância = 42,9%	[8]
Forro	Branco - Refletância = 84,2%	[6]
Vidro incolor 6 mm simples	Transmissividade luz visível (Tvis) = 85%	[9]
Vidro incolor 6mm com película Black 35	Branco - Refletância = 33,4%	[10]
Cortinas	Tvis de 15,4%[1]	[11]

Fonte: os autores.

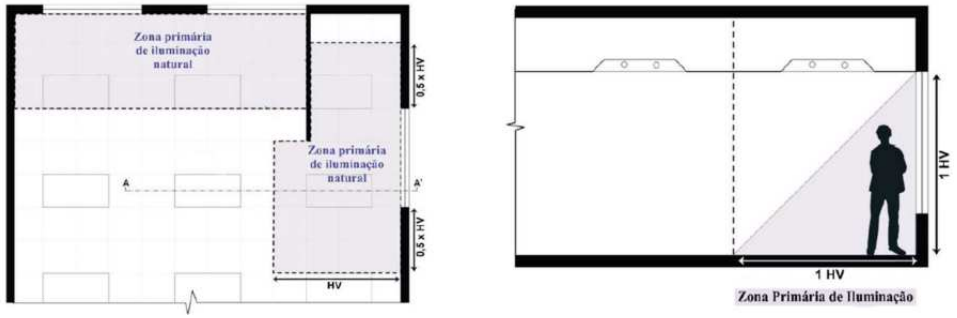
ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DA LUZ DO DIA PELO MÉTODO SIMPLIFICADO

No método simplificado, o projeto arquitetônico foi utilizado para a demarcação das zonas primárias de iluminação, para cada ambiente seguindo o disposto no INI-C (ver

[1] A cortina utilizada possui Tvis de 15,4%, pois é a maior transmissividade fornecida pelo *software* utilizado.

Figura 1). Os valores encontrados foram registrados em uma planilha organizada de acordo com os pavimentos analisados.

Figura 1: Esquemas em planta e corte da definição zonas primárias de iluminação natural para as aberturas laterais.



ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DA LUZ DO DIA PELO MÉTODO DE SIMULAÇÃO

Para a modelagem geométrica do edifício foi utilizado o *software* Sketchup 2019. Além do Bloco 2, foram modelados os demais blocos do conjunto e as ligações entre as edificações. Elementos de proteção solar e película também foram considerados. Posteriormente, a volumetria criada foi exportada para o *software* Rhinoceros 6.0, onde foi avaliada a iluminação natural, com o *plug-in* Climate Studio [11].

A simulação foi realizada com o arquivo climático de Belo Horizonte disponível na plataforma Climate One Building [12]: "BRA_MG_Belo.Horizonte-Neves-Confins.Intl.AP.835870_TMYx.2004-2018". O horário considerado para a simulação foi de 8 h às 18 h.

Foram consideradas refletâncias e transmitâncias apresentadas na Tabela 1. Para os vidros das esquadrias foi considerado vidro incolor com Tvis de 81% e o vidro com película com Tvis de 31%. Além disso foi aplicado um fator de depreciação de 5%. Persianas foram simuladas nos espaços com atividades de leitura, escrita e computadores, sendo essas salas de aula e apoio professores, apesar de o prédio não contar com previsão atual para instalação das mesmas.

A configuração da malha de pontos seguiu as recomendações da INI-C: altura de 0,75m em relação ao piso; distância entre pontos de 0,50 m e espaçamento entre a malha e as paredes de 0,30 m (instalações sanitárias, DML e circulações estreitas) e 0,50 m (salas de aula, apoio professores, hall, pilotis). Com exceção, no ambiente de DML foi considerado o espaçamento entre pontos da malha de 0,20 m, para atender o mínimo de 25 pontos, recomendado pela INI-C. Para avaliação do espaço da escada, foi selecionado o patamar para criação de um plano único de referência, já que se encontra na altura média da escada, em cada pavimento. A partir deste, foi criada a malha de pontos a 0,75 m de altura, indicado pela INI-C.

Quanto aos parâmetros avançados do Radiance, utilizaram-se valores predefinidos pelo programa (*ambient bounces* = 6, *ambient division* = 1, *limit weight* 0,01, *sample rays per person per pass* = 64, *max number of passes* = 100).

A partir dos resultados de Autonomia da Luz Natural Espacial obtidos, foi possível obter a área representativa de cada pavimento para posterior determinação do potencial de integração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra os resultados da incidência de luz natural através dos métodos simplificado e de simulação.

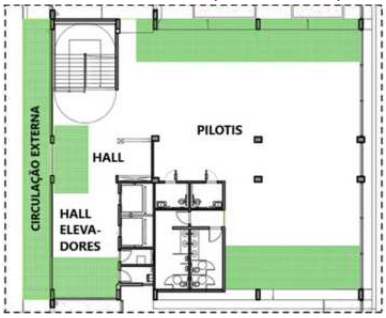
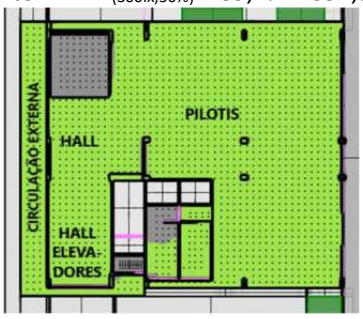
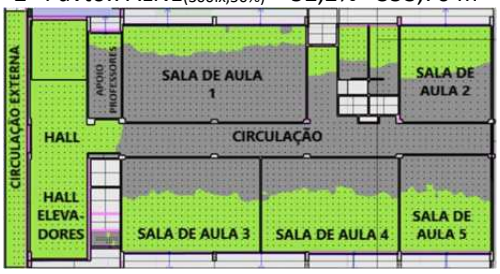
Com relação ao pré-requisito de aproveitamento da luz natural, grande diferença entre os resultados nos dois métodos foi encontrada, com 857 m² a mais de área iluminada naturalmente na simulação (24% a mais), o que pode ser percebido nas áreas demarcadas em planta-baixa. Na análise por pavimento, nota-se a contabilização de mais áreas iluminadas, com aumentos de áreas de 16,2% (pavimento 2) a 35,5% (pavimento 5). Detectou-se que os ambientes de DML (exceto no 1º pavimento), circulação voltada para norte (pavimentos 2, 3, 4 e 5) e instalações sanitárias recebem luz natural em quantidades expressivas. Estas áreas não foram contabilizadas no método simplificado, uma vez que o DML possui esquadria com área menor que 1,86m² e os demais ambientes possuem elementos horizontais externos com fator de projeção acima de 1,5 para norte. Além disso, os ambientes de pilotis, escadas, hall, hall de elevadores, apoio professores, salas de aula 1 e 2 (voltadas para norte) dos pavimentos 4 e 5, e salas de aula 3, 4, 5 e 6 (voltadas para sul) dos pavimentos 2, 3, 4 e 5, recebem luz natural em seus espaços internos em áreas significativamente maiores, quando comparadas ao método simplificado.

Em três ambientes a simulação apresentou área iluminada menor que no método simplificado. É o caso do apoio professores (pavimento 1) e das salas de aula 1 do 1º e 2º pavimentos. Tal fato se deve à obstrução causada pelo prédio do Bloco 1, localizado à sul do Bloco 2. Da mesma forma, a simulação não acusou a entrada de luz natural no DML do 1º pavimento devido à obstrução do bloco de escada de 2 pavimentos, localizado à norte do Bloco 2.

No segundo pré-requisito, na análise de contribuição da luz natural, detectou-se que o acionamento independente para luminárias em áreas iluminadas naturalmente não está presente nas salas de aula e hall de elevadores no método simplificado. No entanto, a divisão de circuitos atual ainda atende ao pré-requisito nas salas de aula 3, 4 e 5 do 5º pavimento, e nos halls de elevadores de todos os pavimentos pelo método de simulação, devido ao fato desses ambientes apresentarem luz natural na quase totalidade de suas áreas (Tabela 2).

Conforme posto pela INI-C, as áreas de circulação em edifícios educacionais não possuem obrigatoriedade de divisão de circuitos, sendo esse pré-requisito considerado como atendido nesses ambientes nos dois métodos. A área de pilotis foi incluída nessa categoria, por possuir esta função no prédio em estudo.

Tabela 2: Resultados da incidência da luz natural

Resultados Método Simplificado	Resultados Método Simulação
1º Pavto.: ZP = 267,35 m² = 60,8%	1º Pavto.: ALNE$_{(300lx,50\%)}$ = 89,2% = 391,90 m²
	 
2º Pavto.: ZP = 244,20 m² = 36%	2º Pavto.: ALNE$_{(300lx,50\%)}$ = 52,2% =353,70 m²
	
3º Pavto.: ZP = 252,90 m² = 32,7%	3º Pavto.: ALNE$_{(300lx,50\%)}$ = 52,5% = 405,50 m²
	
4º Pavto.: ZP = 250,80 m² = 32,5%	4º Pavto.: ALNE$_{(300lx,50\%)}$ = 57,9% = 447,30 m²
	
5º Pavto.: ZP = 264,40 m² = 34,2%	5º Pavto.: ALNE$_{(300lx,50\%)}$ = 69,7% = 538,40 m²
	
∑ Zona Primária = 1.279,65 m²	∑ Zona com autonomia de luz natural = 2.136,8 m²
Área iluminada naturalmente da edificação = 3495,74 m²	
Potencial de integração = 37%	Potencial de integração = 61%

Fonte: Elaborado pelos Autores (2022).

Ademais, através do método simplificado, o pré-requisito de contribuição de luz natural é atendido nos espaços de apoio professores (pavimentos 3, 4 e 5), no DML e instalações sanitárias, visto que, pelo método acusar que esses não recebem luz natural suficiente (DML e instalações sanitárias), considera-se que atendem ao pré-requisito. Já pelo método de simulação, o pré-requisito é atendido ainda no apoio professores (pavimentos 3, 4 e 5), e na instalação sanitária feminina do pavimento 1.

Ainda sobre a contribuição da luz natural, analisou-se a posição das luminárias e a divisão de circuitos existentes pelos gráficos de iluminâncias gerados pelo *software* de simulação, onde foi possível visualizar o decaimento dos níveis de iluminância, conforme a luz natural vai adentrando os espaços internos. A Figura 3 ilustra essa situação no pavimento 5, claramente percebida nas salas de aula 1 e 2 (canto superior esquerdo) e na circulação. Salienta-se que tal situação foi encontrada em todos os pavimentos.

Figura 3: Gráfico de iluminâncias com luminárias



Fonte: os autores.

Pela análise do projeto de iluminação artificial, constatou-se que todos os ambientes apresentam ao menos um dispositivo para o acionamento local manual da iluminação, por isso todos os ambientes atendem ao terceiro pré-requisito. A edificação em estudo não apresenta ambientes com área superior a 250 m², razão pela qual o quarto pré-requisito, que dispõe sobre a instalação de dispositivo de controle automático para o desligamento da iluminação artificial, foi considerado como atendido em todos os espaços. A Tabela 3 mostra os resultados de atendimento aos requisitos de contribuição da luz natural, pelos dois métodos, considerando a Potência Instalada Total de iluminação (PI_T) de 24.956,80 W.

Na análise das Tabelas 2 e 3, percebe-se que a diferença de percentual de atendimento à contribuição de luz natural, entre os dois métodos, deve-se à inclusão das salas de aula 1, 2 e 3 voltadas para sul do 5º pavimento (onde a luz incide em quase toda área desses espaços), dos halls de elevadores de todos os pavimentos e na instalação sanitária feminina do 1º pavimento (que indica luz incidente na totalidade desses ambientes), no método de simulação. Deve-se também pela eliminação das demais instalações sanitárias no método de simulação, que, por receberem luz natural, deveriam ter divisão de circuitos.

Tabela 3: Atendimento aos pré-requisitos

Pavto.	Ambientes que atendem pelo Método Simplificado	Potência Instalada para Método Simplificado (W)	Ambientes que atendem pelo Método de Simulação	Potência Instalada para Método de Simulação (W)
1º	Todos, exceto Hall Elevadores	2,076,80	Todos, exceto I.S.M.	2.147,20
2º	Todos, exceto Hall de Elevadores, Apoio Professores, Salas de Aula e Laboratórios	1.408,00	Todos, exceto Hall de Elevadores, Apoio Professores, Salas de Aula, Laboratórios e I.S.	1.337,60
3º	Todos, exceto Salas de Aula e Hall de Elevadores	1.548,80	Todos, exceto Salas de Aula e IS	1.478,40
4º	Todos, exceto Salas de Aula e Hall de Elevadores	1.548,80	Todos, exceto Salas de Aula e I.S.	1.478,40
5º	Todos, exceto Salas de Aula e Hall de Elevadores	1.548,80	Todos, exceto Salas de Aula voltadas para norte, Sala de Aula 4 voltada para sul, I.S.	3.027,20
Total	Atendimento total	8.131,20 = 33%		9.468,80 = 38%

Fonte: Elaborado pelos Autores (2022).

Verifica-se que o percentual máximo de atendimento aos pré-requisitos é de 38% da potência instalada e que este percentual é significativamente inferior aos 90% requeridos para classificação nível A. Com os resultados percentuais de atendimento aos pré-requisitos, a classificação máxima para o sistema de iluminação que o edifício conseguiria seria B, uma vez que parte significativa dos ambientes e, em especial, as salas de aula, não possuem separação de circuitos para integração com a luz natural. Considera-se baixo o percentual de integração e este estudo será remetido à Universidade para consideração da separação de circuitos.

CONCLUSÕES

Analisando apenas o atendimento aos pré-requisitos para aproveitamento da luz natural, concluiu-se que a classificação máxima para o sistema de iluminação do edifício seria B, tanto pelo método simplificado, quanto pelo método de simulação. No entanto, verificou-se que o método de simulação aumenta significativamente a área considerada como iluminada naturalmente e que tal fato altera a disposição de circuitos a serem separados para o atendimento.

No objeto em estudo, o método de simulação proporcionou um acréscimo de 24% de área iluminada pela luz do dia. Como limitação do método simplificado se contatou insuficiência ao analisar a interferência do entorno construído na luz que incide nos

ambientes internos. Também na insuficiência de mensurar a interferência de elementos externos do próprio edifício, como identificado nos espaços em que a contabilização da luz natural foi inviabilizada pelos cálculos de fator de projeção e área de esquadrias, mas que a simulação demonstrou expressiva incidência de luz do dia nestes ambientes.

Verificou-se que ainda que o potencial de integração da luz natural tenha caráter apenas informativo para a ENCE, entende-se que a eficiência energética do edifício pode ser melhorada, não só em termos quantitativos para classificação do prédio, mas também na atitude projetual de dividir circuitos de acendimento da luz artificial de forma mais condizente com a luz natural que incide nos espaços internos, contribuindo para maior eficiência do prédio quando em uso.

Entendeu-se que a divisão de circuitos poderia ser feita baseada não somente na área delimitada como recebedora de luz natural, mas ainda com separações de acendimento entre as fileiras paralelas às janelas, levando-se em conta que a incidência da luz do dia decai rapidamente conforme aprofunda nos espaços iluminados lateralmente. Tal modificação poderia contribuir para melhor aproveitamento da luz natural, considerando sua dinâmica ao longo do dia nos espaços.

Com o estudo percebeu-se ainda que estimular o uso do método de simulação pode ser intencional na INI-C. A possibilidade de realizar simulações computacionais da dinâmica da luz do dia, com a visualização de resultados gráficos e numéricos, amplia as visões e soluções para os projetistas de arquitetura. No entanto, barreiras da metodologia estão no fato de o uso dos *softwares* de simulação demandarem mão de obra qualificada e a compra de licenças de programas específicos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Minas Gerais e à FAPEMIG pelo fomento à participação no evento.

REFERÊNCIAS

[1] BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA-INMETRO. Instrução Normativa para a classificação de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas. **Portaria Nº 42, de 24 de fevereiro de 2021**. Brasília, 2021, 133 p

[2] DOULOS, L., T.; KONTADAKIS, A; MADIAS, E. N; SINOU, M; TSANGRASSOULIS, A. Minimizing energy [3] consumption for artificial lighting in a typical classroom of Hallenic public school aiming for near Zero Energy Building using LED DC luminaires and daylight harvesting systems. **Energy and Buildings**, v. 194, p. 201-217, 2019.

[3] FONSECA, R. W. da; PEREIRA, F. O. R. Sequência metodológica para a estimativa da iluminação natural e suas implicações em sistemas de avaliação de desempenho de edificações. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 17, n.1, p. 55-68, 2017.

[4] RODRIGUES, G. M. ; GUIDI, C. R. ; MEDEIROS, H. G. ; ANDRADE FILHO, C. R. ; VELOSO, A. C. O. ; SOUZA, R. V. G. . Inserção da iluminação natural na avaliação de desempenho

energético de edificações comerciais, de serviços e públicas. In: XXIII Arquisur - 2019, 2019, Belo Horizonte. **Anais** do Arquisur 2019. Belo Horizonte: EAUFMG, 2019.

[5] ANDRADE, H. J C. **Análise da Eficiência Energética em Edificações Usando os Métodos RTQ-C e INI-C**, dissertação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, UFSCar, 2022.

[6] DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas**: métodos de determinação e base de dados para tintas látex, acrílica e PVA. 2008. 160p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

[7] LABCCB - Laboratório Centro Cerâmico do Brasil. **Tabelas Comparativo de Desempenho**. Santa Gertrudes, 2021. Disponível em: https://www.ccb.org.br/pt/laboratorios. Acesso em: 15 fev. 2022.

[8] PEREIRA, A.; HIRASHIMA, S.; OLIVEIRA, R. Utilização do espectrômetro Alta II para obtenção da absortância solar de superfícies opacas. **Tecnologia e Sociedade,** v. 17, n. 46, p.216-228, jan./mar., 2021.

[9] LAMBERTS, Roberto. **Apostila Desempenho Térmico de Edificações.** Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - LabEEE, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016.

[10] POLIBRAKO Produtos Ltda. **Insuglass**, Filme de Arquitetura – Especificações Técnicas. Curitiba, 2022. Disponível em: http://www.polibrako.com.br/peliculas-de-arquitetura.php. Acesso em 1 fev. 2022.

[11] SOLEMMA. **Climate Studio**. 2016

[12] CLIMATE ONE BUILDING. **WMO Region 3 - South America:** BRA-Brazil. 2021. Disponível em:https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_3_South_America/BRA_Brazil/index.html#IDMG_Minas_Gerais-. Acesso em 10 dez. 2021.