



Artigo Original

e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v19n22025p325-345

Submetido em: 06 out. 2025

Aceito em: 02 dez. 2025

Análise da luz natural pela INI-C: potencial de integração em diferentes métodos

Daylight analysis by INI-C: potential for integration in different methods

Análisis de luz natural mediante INI-C: potencial de integración en diferentes métodos

Larissa Arêdes Monteiro  <https://orcid.org/0000-0002-5196-3566>

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Arquiteta e Urbanista pela Universidade Federal de Ouro Preto. Mestra em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável pela Universidade Federal de Minas Gerais.

E-mail: lam2019@ufmg.br

Lucas Barbosa Prudente  <https://orcid.org/0009-0008-9514-597X>

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Graduando em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Minas Gerais.

E-mail: lucasbp@ufmg.br

Hugo de Araújo e Silva  <https://orcid.org/0009-0002-2700-3001>

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Estudante de Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Minas Gerais.

E-mail: hugoaraujo2911@ufmg.br

Roberta Vieira Gonçalves de Souza  <https://orcid.org/0000-0003-0036-961X>

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Arquiteta e Urbanista pela Universidade Federal de Minas Gerais. Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina. Professora titular da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais.

E-mail: robertavgs@ufmg.br

Resumo: As edificações contribuem com uma parte relevante do gasto energético no Brasil, sendo o sistema de iluminação artificial demanda significativa, especialmente no parque não residencial. Neste sentido, o aproveitamento da luz natural, desde que ofereça conforto ao usuário e esteja integrado ao sistema de iluminação artificial, é uma das melhores estratégias para reduzir o consumo de energia com iluminação. O PBE Edifica lançou a INI-C em 2022, que apresenta métodos que permitem a avaliação da integração entre os dois sistemas. O presente estudo teve então como foco comparar o potencial de iluminação natural utilizando os métodos simplificado e de simulação da INI-C usando como estudo de caso a Biblioteca de Engenharia da UFMG. Adicionalmente, investigou-se como assegurar uma integração eficaz da iluminação natural com o sistema de iluminação artificial por meio de diferentes bases normativas. Obteve-se, pela simulação, um potencial de integração da luz natural 27% maior em relação ao método simplificado. Apesar disso, mera a divisão de circuitos para acionamento separado das luminárias próximas à abertura, exigida pelos dois métodos, pode não assegurar a integração mais eficiente com a luz artificial, sendo necessária a conscientização do usuário.

Palavras-chave: Eficiência energética. INI-C. Iluminação natural.

Abstract: Buildings contribute to a significant portion of the energy expenditure in Brazil, with the artificial lighting system being one of their greatest demands in nonresidential buildings. Harnessing daylight, as long as it offers comfort to the user and is integrated with the artificial lighting system, is one of the best strategies to reduce energy consumption for lighting. Therefore PBE Edifica launched the INI-C in 2022, that presents a recent instrument that allows the assessment of the integration between the two systems. The study focused in comparing the daylighting potential using the simplified and simulation methods of the INI-C, using the UFMG's Engineering Library as a study case. Additionally, an investigation was carried out into how to ensure effective integration with the artificial lighting system using different normative bases. The simulation revealed a 27% greater potential for daylight integration compared to the simplified method. Despite this, the division of circuits for operating the luminaires, required by both methods, may not ensure the most efficient integration with artificial light, being necessary to create more awareness to the users.

Keywords: Energy efficiency. INI-C. Daylighting.

Resumen: Los edificios aportan una parte significativa del gasto energético total en Brasil, siendo el sistema de iluminación artificial una de las mayores demandas en edificios no residenciales. Aprovechar la luz natural, siempre que esta ofrezca confort al usuario y se integre con el sistema de iluminación artificial, es una de las mejores estrategias para reducir el consumo de iluminación. Por ello PBE Edifica lanzó en 2022 la INI-C, que cuenta con un instrumento reciente que permite evaluar la integración entre ambos sistemas. El estudio con el objetivo de comparar el potencial de la iluminación natural utilizando los métodos simplificados y de simulación del INI-C utilizó como estudio de caso la Biblioteca de Ingeniería de la UFMG. Además, se investigó cómo garantizar una integración efectiva con el sistema de iluminación artificial utilizando-se diferentes bases normativas. La simulación reveló un potencial de integración de la luz natural un 27 % mayor en comparación con el método simplificado. A pesar de ello, la división de circuitos para el funcionamiento de las luminarias, requerida por ambos métodos, podría no garantizar la integración más eficiente con la luz artificial, siendo necesaria una mejor concientización del usuario.

Palabras clave: Eficiencia energética; INI-C; Iluminación natural.

1 Introdução

As bibliotecas universitárias são ambientes primordiais para o acesso ao conhecimento e a espaços de estudo adequados. O desempenho dos estudantes é diretamente influenciado pela qualidade desses ambientes, o que exige um planejamento cuidadoso (Bakr; Nagy, 2020, p. 40). Nesse contexto, a presença de luz natural nestes espaços se faz imprescindível por seu potencial de impulsionar a produtividade e o bem-estar dos usuários, além de gerar economia de energia elétrica (Dabaj; Rahbar; Fakhrc, 2022, p. 97). Por outro lado, ao projetar esses espaços, é essencial considerar incidência de luz solar sobre itens do acervo, como livros e documentos, uma vez que a radiação pode causar danos ao papel, como o amarelamento e enfraquecimento das fibras e o desbotamento das tintas, comprometendo o conteúdo dos itens (Cassares; Petrella, 2001, p. 182).

De maneira geral, ambientes de ensino requerem condições de iluminação que possibilitem que seus usuários desempenhem suas tarefas visuais com conforto, as quais, além da disponibilidade da luz natural, incluem a uniformidade da iluminância e o controle do ofuscamento (Monteiro *et al.*, 2024, p. 107). Ademais, a luz também possui efeitos não visuais, que influenciam no bem-estar, no estado de alerta, na qualidade do sono e no ciclo circadiano dos usuários (Monteiro *et al.*, 2024, p. 2). Estudos conduzidos por Lisa Hescong (2002, p. 66) mostraram que estudantes em salas de aula com maior área de janela e maior acesso à luz natural apresentavam uma velocidade de aprendizado maior e um desempenho melhor em avaliações que aqueles em ambientes pouco iluminados. Em contrapartida, as salas de aula com presença de luz solar direta sem

instrumentos de controle da iluminação disponíveis aos usuários foram associadas negativamente ao desempenho dos estudantes.

O relatório final do Balanço Energético Nacional (2025, p. 14) mostrou que, em 2024, o setor de edificações contribuiu com 52,7% de toda a eletricidade consumida no Brasil, sendo 7,4% desse gasto composto apenas pelas edificações públicas. Ainda, segundo o Manual para Etiquetagem de Edificações Públicas (2014, *apud* MONTEIRO *et al.*, 2024, p. 107), “a maior demanda de gasto energético nas edificações é para obtenção de conforto ambiental, principalmente para iluminação artificial (20% a 35%) e para condicionamento de ar (40% a 55%)”. Diante disso, é fundamental implementar estratégias de eficiência energética voltadas para esses sistemas, e não só com a utilização de tecnologias mais eficientes, como os *light-emitting diodes (LEDs)*, mas pelo aproveitamento da luz natural. Essa estratégia é capaz de reduzir o uso da iluminação artificial e consequentemente do seu gasto energético, desde que a operação do seu sistema esteja integrada à disponibilidade da iluminação natural (Monteiro *et al.*, 2024; França; Fonseca; Pereira, 2021; Alves *et al.*, 2018).

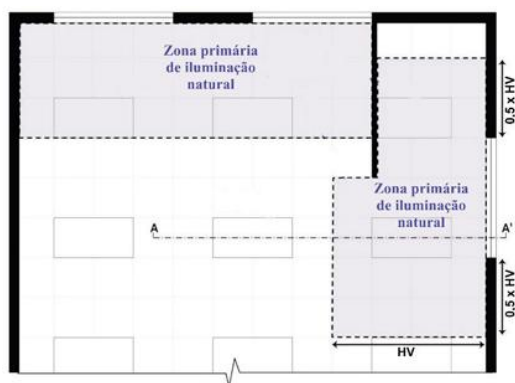
No Brasil, o debate sobre a eficiência energética começou em 1984, impulsionada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Essas discussões resultaram na criação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), que posteriormente se estendeu para o setor de edificações com o PBE Edifica em 2009. A princípio, a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para edificações era concedida a edificações comerciais, de serviços e públicas por meio do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética dessas edificações (RTQ-C). Contudo, em 2022, em função de limitações do método anterior, foi publicada a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) que reviu os métodos de avaliação dos sistemas consumidores de energia nas edificações (PBE Edifica, 2025).

Em relação à iluminação, a classificação feita pela INI-C é realizada por meio da determinação da Densidade de Potência de Iluminação (DPI) do edifício. Uma etapa fundamental dessa classificação envolve a análise de quatro pré-requisitos para a elegibilidade do sistema ao nível A, onde 90% da potência instalada deve atender aos itens de II a IV: (I) Potencial de Integração da Luz Natural (PILN) e (II) Contribuição da Luz Natural (CLN), ambos focos deste trabalho, em adição à avaliação do (III) Controle Local e do (IV) Desligamento Automático do sistema de iluminação (Brasil, 2022).

O Potencial de Integração da Luz Natural, que é possível de ser calculado tanto pelo método simplificado quanto pelo de simulação, é um pré-requisito que se refere à porcentagem da área de uma edificação considerada como naturalmente iluminada em relação à área total iluminada. Embora ele seja um requisito informativo e não possua limites máximos ou mínimos, o PILN é obrigatório para edifícios que almejam a etiqueta de nível máximo, servindo também como base para a análise do pré-requisito de CLN.

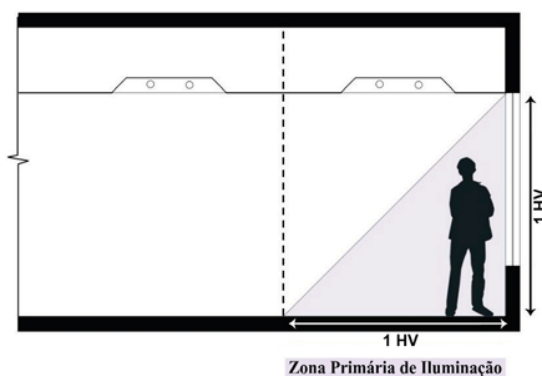
Pelo Método Simplificado, o cálculo do PILN é realizado utilizando a razão entre a área das Zonas Primárias (ZP) de luz natural e a área total iluminada da edificação. A ZP é definida graficamente em planta-baixa para aberturas laterais e zenitais que permitem a entrada de luz natural. Para aberturas laterais, a profundidade da ZP corresponde à altura da verga (HV) da janela, enquanto sua largura equivale à largura do plano translúcido da janela, com o acréscimo de metade da altura da verga da janela em cada lado. Áreas localizadas atrás de obstruções permanentes com 1,80 m ou mais de altura devem ser subtraídas da ZP conforme Figuras 1 e 2 (Brasil, 2022).

Figura 1. Exemplo de determinação das ZP's para aberturas laterais.



Fonte: Brasil, 2022.

Figura 2. Exemplo em corte das ZP's para aberturas laterais.



Fonte: Brasil, 2022.

Para aberturas laterais com proteções externas, o Fator de Projeção (FP) deve ser calculado como a razão entre o comprimento da projeção e a altura da parte inferior da abertura até a projeção. A Zona Primária não é considerada quando 1) o $FP \geq 1,0$ para projeções voltadas para o sul e 2) o $FP \geq 1,5$ para outras orientações. Além disso, também não serão consideradas se as aberturas laterais tiverem uma área envidraçada $\leq 1,86 \text{ m}^2$; ou se o topo de qualquer obstrução permanente (do entorno) for pelo menos duas vezes mais alto que o topo da abertura lateral (Brasil, 2022).

Pelo Método de Simulação, o *software* deve permitir a análise da iluminação natural dinâmica por meio de modelagem tridimensional, arquivos climáticos e configuração de materiais; apresentar resultados que possam ser interpretados de forma gráfica e com o cálculo de Autonomia da Luz Natural Espacial (ALNE) para cada ambiente interno individualmente, com $ALNE_{300lx,50\%}$ para 10 horas diurnas; possibilitar a utilização de cortinas nas aberturas, caso seja detectada Exposição Anual à Luz Solar Direta ($EAS_{1000lx,250h}$). A EAS indica a quantidade de raios solares diretos que potencialmente entram no ambiente em função de uma dada geometria de abertura, sem a operação de dispositivos de proteção solar. A INI-C indica então que o risco de ofuscamento deve ser avaliado conforme a IES LM-83 mais atual. Essa por sua vez indica que uma $EAS_{1000lx,250h} \geq 20\%$ é inaceitável e que neste caso, deve haver um sistema de controle (IES, 2023).

Um aspecto interessante a observar é que a INI-C não estabelece distinção entre os níveis de iluminação natural necessários para espaços de ocupação regular e aqueles de permanência transitória. Assim, um $ALNE_{300lx,50\%}$ mínimo é exigido para áreas como circulações, banheiros e depósitos.

Ademais, a versão de 2024 da ABNT NBR 15.215-3 (ABNT, 2024) trouxe novos parâmetros para a ALNE (sDA – *spatial Daylight Autonomy*), estipulando uma iluminância mínima de 100 lux e uma iluminância alvo de 250 lux (em 50% do tempo), cujo atendimento é aplicável especificamente a ambientes de permanência prolongada em edificações não residenciais. A norma, baseada na EN 17037 (CEN, 2018), também determina critérios para a avaliação da EAS (ASE, *Annual Sunlight Exposure*), estabelecendo três níveis para cada avaliação sendo o nível I o de menor desempenho e o II de maior desempenho. Estes valores são inferiores àqueles indicados pela INI-C, que ainda não foi revista para contemplar a norma brasileira.

Já o pré-requisito de Contribuição da Luz Natural complementa a análise do pré-requisito de ZP, determinando que:

Ambientes com aberturas voltadas para o exterior, átrio não coberto, ou de cobertura translúcida e que contenham em sua iluminação geral mais de uma fileira de luminárias paralelas às aberturas, devem possuir um controle instalado - manual ou automático - para o acionamento independente do conjunto de luminárias mais próximo das aberturas, de forma a propiciar o aproveitamento da luz natural disponível (Brasil, 2022, p.33).

Consideram-se como luminárias mais próximas às aberturas todas aquelas que fazem parte das zonas primárias. Este pré-requisito se aplica à iluminação geral, com exceções para ambientes como auditórios, a primeira fileira de luminárias paralelas ao quadro em salas de aula, circulações e garagens equipadas com sensores de presença (BRASIL, 2022).

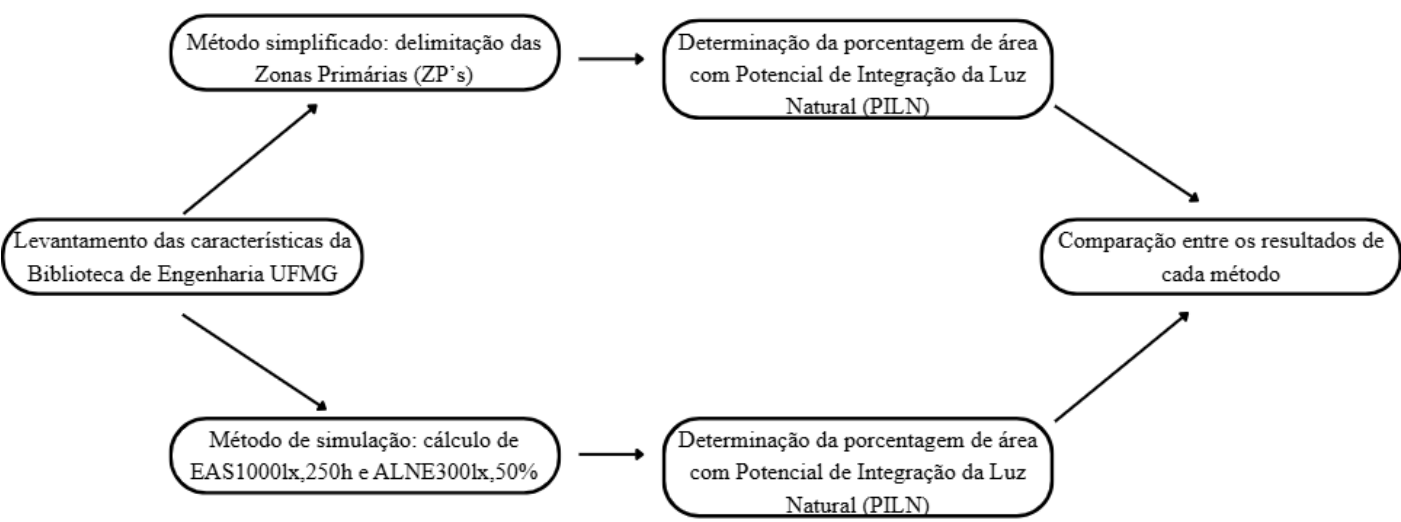
Este trabalho pretende comparar o Potencial de Integração da Luz Natural utilizando os métodos simplificado e de simulação da INI-C. Para isso, foi analisada como estudo de caso a Biblioteca de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), buscando compreender a incidência da luz natural nos espaços internos segundo cada método e como assegurar a Contribuição de Luz Natural neles.

2 Material e Métodos

A metodologia do estudo foi estruturada em 4 procedimentos. A primeira envolveu o levantamento das características da edificação abordada, realizado por meio da análise dos projetos documentados e de visitas *in loco*. A segunda e a terceira fases tiveram como objetivo determinar o percentual de área com Potencial de Integração da Luz Natural (PILN), sendo a etapa 2 baseada na aplicação do método prescritivo, com a delimitação das Zonas Primárias (ZP's), e a etapa 3 desenvolvida por meio de simulação computacional, com

o cálculo de $EAS_{1000lx,250h}$ e, posteriormente, de $ALNE_{300lx,50\%}$. A quarta e última fase correspondeu à comparação entre os resultados obtidos nas etapas anteriores.

Figura 3. Fluxograma das metodologias



Fonte: Autores, 2025

2.1 Estudo de caso

A Biblioteca de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), situada no campus Pampulha, em Belo Horizonte, integra o escopo do Projeto Oásis: uma iniciativa de pesquisa técnico-científica voltada à diminuição do consumo de energia elétrica. Esse projeto se apoia tanto na implantação e operação de uma minirrede quanto na adoção de estratégias que ampliem a eficiência energética das edificações do campus (UFMG, 2024).

A edificação apresenta um formato triangular, marcado por três fachadas externas, orientadas para Norte, Sudeste e Sudoeste. Internamente, a presença de um jardim central organiza o espaço e gera três fachadas internas, orientadas para Sul, Nordeste e Noroeste (ver Figura 6). O edifício é composto por três pavimentos, com pé-direito (P.D.) de 3,6 metros em todos os ambientes, à exceção das instalações sanitárias, que possuem P.D. de 3,0 metros, e do hall principal, que se destaca pelo P.D. duplo de 7,3 metros.

A maioria das fachadas, tanto internas quanto externas, é composta por aberturas com vidro translúcido incolor. No hall principal, a fachada Norte incorpora dois tipos distintos de tijolo de vidro (ver Figura 4). Algumas aberturas localizadas nas fachadas Nordeste e Noroeste possuem películas de escurecimento (ver Figura 5).

Figura 4. Blocos de vidro, beirais, e proteção solar por meio de *brise* pergolado na fachada Norte



Fonte: Autores, 2025

Figura 5. Vistas das fachadas internas com películas nos vidros



Fonte: Autores, 2025

A fachada Norte também se destaca pela presença de uma platibanda associada a um brise horizontal, enquanto nas fachadas Sudeste e Sudoeste a platibanda é combinada a brises filetados dispostos verticalmente (Figuras 7 e 8). Além desses elementos, parte das janelas conta com venezianas internas, que possibilitam o controle da entrada de luz natural. O edifício também apresenta uma passarela de conexão com a Escola de Engenharia, implantada na fachada Norte. Já as fachadas Sudeste e Sudoeste não possuem construções próximas, estando voltadas apenas para vias ladeadas por árvores.

Figura 6. Implantação e entorno da Biblioteca de Engenharia



Fonte: Autores, 2025

Figura 7. Vistas das fachadas Sudeste e Sudoeste



Fonte: Autores, 2025

Figura 8. Vistas das fachadas Sudeste e Norte e da passarela de ligação à Escola de Engenharia



Fonte: Autores, 2025

Não há edificações altas ao redor da edificação de estudo, e portanto, não há descontos de FP a fazer. O Quadro 1 apresenta as áreas iluminadas e os Percentuais de Abertura na Fachada (PAF).

Quadro 1. Área iluminada e PAF

Pavimento	Área iluminada	PAF Fachadas externas	PAF Fachadas internas
Térreo	513 m²	Norte: 27%	Sul: 42%
2º pavimento	1.196 m²	Sudeste: 20%	Nordeste: 32%
3º pavimento	1.029 m²	Sudoeste: 16%	Noroeste: 32%
Total	2.738 m²		

Fonte: Autores (2025)

Além dessas características construtivas, foi necessário levantar informações sobre as características ópticas dos materiais translúcidos utilizados. Como foram identificados diferentes tipos de vidro: películas de escurecimento e tijolos de vidro com superfícies difusas, procedeu-se à medição *in loco* de transmitância luminosa por meio de luxímetro. Os resultados obtidos serviram de base para a parametrização das simulações apresentadas na seção seguinte.

2.2 Potencial de Integração da Luz Natural segundo a INI-C

Para a análise do Potencial de Integração da Luz Natural, o método prescritivo foi aplicado a partir da identificação das ZP's e de sua representação em planta baixa, elaborada no *software AutoCad* 2024. Levando em consideração que as fachadas possuem platibandas externas e que a fachada Norte é protegida por brises dispostos horizontalmente, foram calculados os Fatores de Projeção das aberturas, desconsiderando-se ZP de aberturas com $FP \geq 1,0$ na fachada Sul e $\geq 1,5$ nas demais orientações.

Já no método de simulação computacional, o modelo tridimensional foi desenvolvido no *software* Rhinoceros 7.0, enquanto a simulação foi realizada por meio do *plug-in* ClimateStudio 2.0. A escolha desse *recurso* deu-se por sua conformidade às exigências da INI-C (Brasil, 2022) para análises de iluminação natural baseadas em dados climáticos anuais, além da disponibilidade do *plug-in* por meio da licença institucional da universidade. Como o ClimateStudio opera exclusivamente por meio do Rhinoceros, este também foi empregado na modelagem, abrangendo: o edifício com sua geometria completa, aberturas, grades e proteções solares, bem como o entorno, incluindo edificações vizinhas, pisos e vegetação. A parametrização de materiais, da localização e demais dados necessários à simulação foi realizada diretamente na interface da extensão.

O ClimateStudio dispõe de uma biblioteca de materiais reais medidos, cujas propriedades são obtidas de fontes validadas (Solemma, 2025), e que foi utilizada para configurar o modelo 3D. Os dados de entrada estão apresentados na Tabela 3, incluindo a transmitância visível (T_{vis}) de materiais translúcidos e a refletância (ρ) de superfícies opacas.

Como dito anteriormente, os materiais translúcidos tiveram suas transmitâncias determinadas de forma empírica, *in loco*, por meio de medições com luxímetro. O procedimento consistiu no posicionamento vertical do equipamento, com a realização de medições tanto no lado externo quanto no lado interno de cada abertura, permitindo calcular a relação de transmissividade (T_{vis}) com base na razão entre os valores de iluminância registrados. A metodologia, proposta por Ribeiro (2016), foi fundamental para capturar com maior precisão as características óticas dos vidros, uma vez que foram identificadas películas de escurecimento aplicadas em alguns panos, bem como a presença de diferentes tipos de tijolos de vidro com superfícies difusas, elementos que impactam significativamente na incidência e na distribuição da luz natural no interior.

No caso dos blocos de vidro, considerou-se não apenas a transmissividade, mas também a sua propriedade intrínseca de difusão da luz. Esta característica foi explicitamente configurada no modelo de simulação, assegurando que a luz direta fosse adequadamente espalhada ao penetrar no ambiente. Esta abordagem é crucial para que análises sensíveis à luz direta, como a Exposição Anual à Luz Solar (EAS_{1000lx,250h}) não fossem prejudicadas pela incorreta representação do comportamento óptico desses elementos.

A INI-C determina ainda que todos os detalhes das aberturas, como esquadrias, peitoril, batentes e montantes, etc, maiores do que 5 cm devem ser modelados ou que, alternativamente, esses detalhes das aberturas podem ser agrupados e a sua área calculada como “área de oclusão”. No presente trabalho, foi aplicado um desconto de 5% na transmitância final de todos os vidros das aberturas, correspondente ao coeficiente de obstrução do caixilho (k_c).

Uma das funcionalidades disponibilizadas pelo ClimateStudio é a inserção de vegetação no modelo tridimensional, por meio de árvores com material folicular dinâmico. Esse recurso permite que a densidade e cor das folhagens sejam automaticamente ajustadas conforme a latitude e o período do ano a fim de reproduzir as variações sazonais mais realisticamente. A extensão oferece uma pequena variação de tipologias de árvores: parametrizando a densidade da copa (esparsa, média ou densa) e a altura (baixa, média ou alta). Considerando essas possibilidades, as árvores do entorno imediato foram incluídas no modelo de simulação. Somente as palmeiras situadas próximas à fachada norte não foram representadas, uma vez que apresentam copas estreitas e baixa densidade foliar. Tais características, somadas à ausência de espécies equivalentes nas opções do *plug-in*, justificam sua exclusão, entendendo-se que sua interferência na incidência de luz natural no interior do edifício é mínima.

Outros parâmetros de entrada adotados para as simulações incluíram o arquivo climático “BRA_MG_Belo.Horizonte-Pampulha.868000_TMYx.2009-2023” (ClimateOneBuilding, 2024) e o intervalo horário de análise compreendido entre 8h e 18h. O motor de simulação Radiance foi empregado com as configurações padrão do *plug-in*, correspondentes a $\text{ambient bounces} = 6$; $\text{limit weight} = 0,01$; $\text{max number of passes} = 100$. O Quadro 2 mostra as propriedades ópticas dos materiais, adotadas para simulação.

Quadro 2. Propriedades ópticas dos materiais

Dados	Input	Dados	Input	Dados	Input
Azulejo cerâmico	<i>White ceramic wall</i> - p 77,74%	Parede externa vermelha	<i>Dupont red 11</i> - p 14,08%	Gramma	<i>Grass 6</i> - p 11,19%
Cabine banheiro cinza	<i>Grey wall</i> - p 15,76%	Parede interna branca	<i>White painted walls</i> - p 83,99%	Grade	<i>Aluminium grey ext. cladding</i> - p 47,6%
Caixa de elevador	<i>Aluminium grey ext. cladding</i> - p 47,6%	Pilar branco	<i>White painted walls</i> - p 83,99%	Brise	<i>Aluminium window mullion</i> - p 67,6%
Calçada de concreto	<i>Concrete grey ext. floor tiles</i> - p 18,38%	Piso cerâmico branco	<i>White Painted Concrete wall</i> - p 82,4%	Veneziana metálica	<i>Aluminium grey ext. cladding</i> - p 47,6%
Calçamento de pedra	<i>Grey stone exterior floor</i> - p 25,31%	Piso de concreto	<i>Light grey painted floor</i> - p 37,1%	Bloco de vidro 1	<i>Kalwall 70mm air crystalcrystal</i> - Tvis 58%
Edifícios do entorno	<i>Grey exterior plaster facade</i> - p 43,17%	Platibanda	<i>White painted ext. wall</i> - p 71,01%	Bloco de vidro 2	<i>Kalwall 70mm opt. 1 crystalcrystal</i> - Tvis 35%
Escadas	<i>Media lab granite steps</i> - p 12,60%	Cabine banheiro azul	<i>Blue painted wall</i> - p 18,6%	Vidro com película	<i>Solarban 70 (2) on solargray</i> - Tvis 33,1%
Forro branco	<i>White painted ceiling</i> - p 88,4%	Teto de concreto	<i>Exterior concrete wall</i> - p 71,1%	Vidro 6mm translúcido	<i>Starphire-starphire</i> - Tvis 83,5%

Autores, 2025.

Nas simulações, todas as aberturas do edifício foram consideradas fechadas. As malhas de análise foram configuradas a uma altura de trabalho de 0,75 m em relação ao piso acabado, com espaçamento entre as paredes variando de 0,3 m a 0,5 m e número mínimo de 20 sensores, conforme as recomendações estabelecidas pela INI-C.

3 Resultados e Discussões

3.1. Diagnósticos iniciais

3.1.1. Delimitação das áreas consideradas no cálculo do Potencial de Integração da Luz Natural (PILN)

Na INI-C, o pré-requisito Potencial de Integração da Luz Natural (PILN) estabelece que o percentual de áreas iluminadas naturalmente deve ser calculado em relação à área iluminada total da edificação. Contudo, no pré-requisito subsequente, referente à Contribuição da Luz Natural (CLN), o texto prevê exceções para determinados ambientes, sem explicitar se essas mesmas exceções também devem ser aplicadas no cálculo do PILN. Essa lacuna pode gerar interpretações distintas por parte dos projetistas e avaliadores, comprometendo a homogeneidade da aplicação da norma. Neste estudo, optou-se por não incluir as áreas de circulação na simulação nem na contagem da área total iluminada, uma vez que nesses espaços não há exigência de separação de circuitos para o atendimento ao requisito de CLN. Esse posicionamento revela a necessidade de maior clareza normativa quanto à coerência entre os dois pré-requisitos, de modo a evitar ambiguidades na prática projetual.

3.1.2. Critérios de avaliação da Exposição Anual à Luz Solar (EAS)

A INI-C não especifica para quais tipos de ambientes deve ser feita a análise de EAS, indicando apenas que a avaliação deve ser feita *nas áreas aplicáveis*. Orienta que a análise de $EAS_{1000lx,250h}$ seja realizada em conformidade com a LM-83 (IESNA, 2023) que indica por sua vez que quando a EAS é superior a 20% *das áreas de trabalho ocupadas regularmente*, o projetista deve considerar métodos para a redução do risco de penetração da luz solar direta. Na LM-83 há duas métricas, uma para aberturas com presença de sistemas de automação e outra para aberturas sem automação. A Instrução normativa coloca que para modelar as condições de risco de ofuscamento deve-se *considerar, hipoteticamente, que as cortinas ou persianas serão fechadas a fim de evitar desconforto do usuário causado pelo excesso de iluminação*. Não há, no entanto, no texto, indicação sobre o que se deve fazer no caso da não existência de dispositivos de proteção quando os níveis de insolação excessiva são elevados, ou seja, a avaliação pela INI-C não resulta em consequências práticas para o desempenho energético do sistema de iluminação, o que pode subestimar problemas de desconforto visual. Já a NBR 15.215-3 (ABNT, 2024) considera inaceitável um EAS igual ou superior a 10% e recomenda, nesses casos, a adoção de dispositivos de proteção solar em ambientes de permanência prolongada.

Nota-se, portanto, uma divergência importante: enquanto a norma brasileira enfatiza o impacto do desconforto luminoso e prescreve medidas corretivas, a INI-C estabelece apenas hipoteticamente a necessidade da utilização de mecanismos de mitigação, o que pode comprometer a efetividade do pré-requisito no contexto do conforto ambiental dos edifícios. Essa lacuna poderia ser minimizada se o regulamento especificasse, de forma objetiva, que sejam considerados nas simulações computacionais apenas os sistemas de controle da insolação existentes ou projetados e se houvesse alguma penalização para o mau desempenho do sistema.

3.1.3. Valores de iluminância alvo, análise das normas vigentes

Outro ponto de distinção entre os instrumentos diz respeito à iluminância de referência adotada. A NBR 15.215-3 (2024) recomenda a análise de uma iluminância alvo de 250 lux em 50% do tempo de ocupação anual com luz do dia, fundamentando-se em estudos recentes que incorporam a percepção dos usuários sobre a adequação da iluminação natural. Já a INI-C, baseada em normas internacionais como a IESNA (2012) e a CEN (2018), adota como referência 300 lux, valor mais elevado que pode dificultar o atendimento de projetos às exigências nacionais. Tem-se ainda que para ambientes de onde as exigências de iluminação artificial são inferiores a 250 lux, a revisão da LM-83 de 2023 indica que o limite a ser usado é de 150 lux (IESNA, 2023). Neste sentido, a NBR 15.215-3 introduziu também uma exigência menos rigorosa, de 100 lux em 50% do tempo para ambientes de permanência transitória, flexibilizando a avaliação conforme a função do espaço.

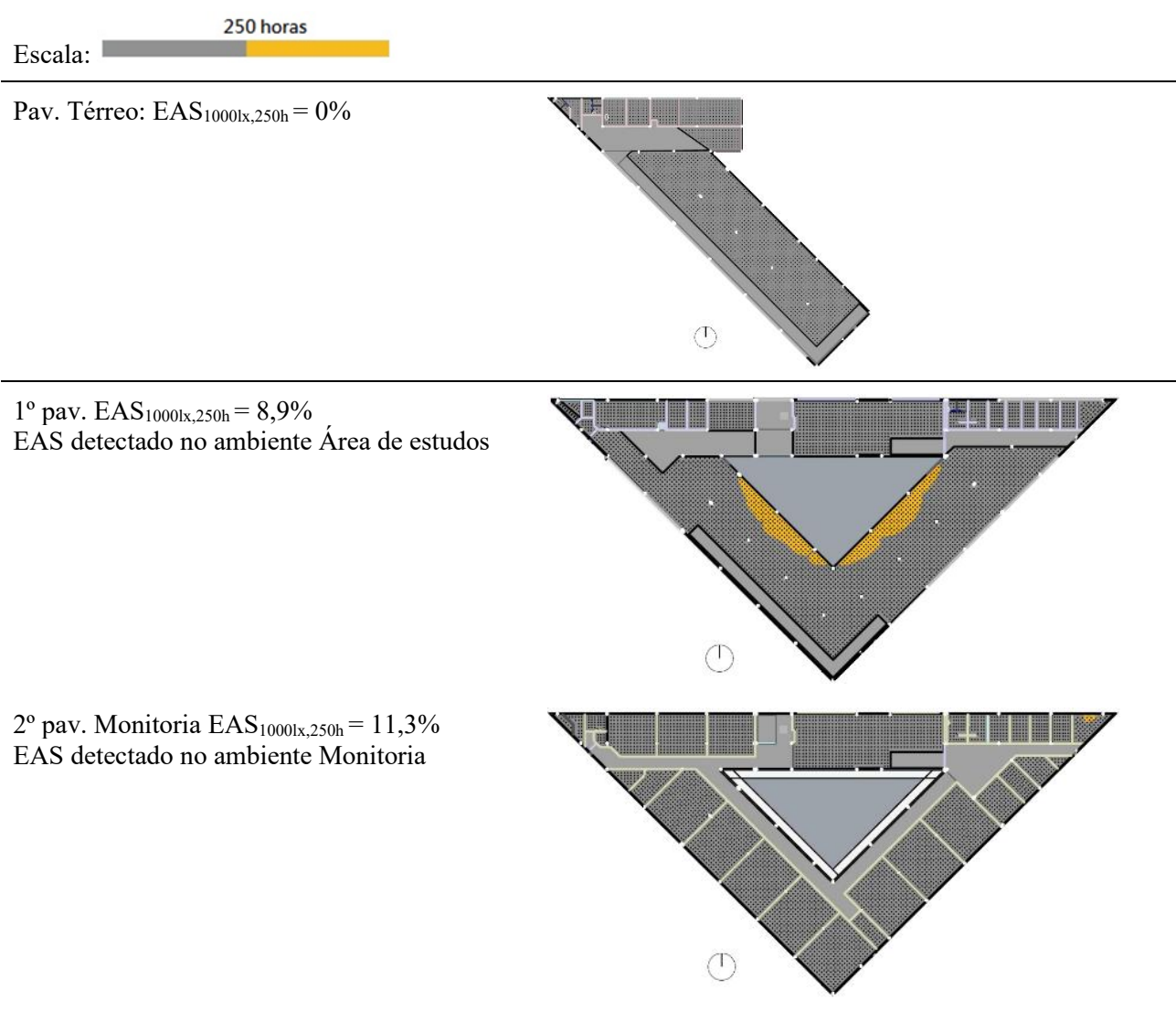
Essa diferença de critérios entre normas brasileiras e internacionais cria um cenário de sobreposição regulatória, que pode gerar dificuldades práticas para profissionais, especialmente em projetos que visam atendimento à normas e instrumentos regulatórios múltiplos.

De forma geral, essas questões evidenciam a necessidade de maior harmonização entre os referenciais normativos, de modo a alinhar exigências técnicas, critérios de avaliação e fundamentos científicos. A ausência de convergência entre os parâmetros adotados pode levar a interpretações divergentes, resultados inconsistentes e, sobretudo, à adoção de soluções de projeto que não necessariamente atendam de forma equilibrada às demandas de eficiência energética e conforto luminoso dos usuários.

3.2. *Potencial de Integração e Contribuição da Luz Natural*

A seguir, a Tabela 1 reúne os resultados obtidos para o indicador $EAS_{1000lx,250h}$, calculado pela simulação computacional.

Tabela 1: Resultados calculados para $EAS_{1000lx,250h}$



$$EAS_{1000lx,250h} \text{ em todo edifício} = 3,3\%$$


Fonte: Autores, 2025.

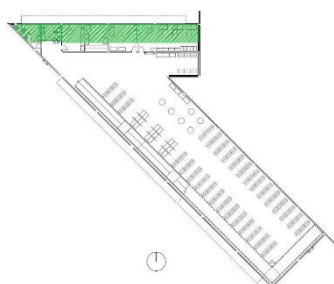
Considerando o edifício como um todo, observa-se que apenas 3,3% da área analisada recebe insolação direta por mais de 250 horas anuais, valor que se enquadra na faixa de neutralidade, ou seja, não representa risco significativo de desconforto visual causado pela incidência raios solares diretos. Contudo, uma avaliação mais detalhada por ambiente revela diferenças relevantes entre os pavimentos.

No térreo, não foram registradas ocorrências de insolação em níveis capazes de gerar desconforto, o que sugere que as condições arquitetônicas, a orientação solar e os elementos de proteção existentes são suficientes para garantir uma iluminação natural equilibrada. Já no 1º pavimento, a Área de Estudos apresentou uma EAS de 8,9%, enquanto no 2º pavimento, a Sala de Monitoria atingiu 11,3%. Esses valores superam o limite de neutralidade e apontam para situações pontuais de excesso de iluminação, principalmente em horários específicos de maior incidência solar. Nesses casos, a recomendação é a adoção de estratégias de controle da luz natural, como o uso de cortinas, persianas ou dispositivos de sombreamento móvel, de modo a reduzir a entrada direta de radiação solar e mitigar o desconforto luminoso. Portanto, a análise evidencia que, embora o edifício em seu conjunto apresente bom desempenho em termos de conforto luminoso, determinados ambientes requerem soluções adicionais de proteção, reafirmando a importância de avaliar o comportamento da iluminação natural não apenas em escala global, mas também de forma localizada, levando em conta as características funcionais e arquitetônicas de cada espaço.

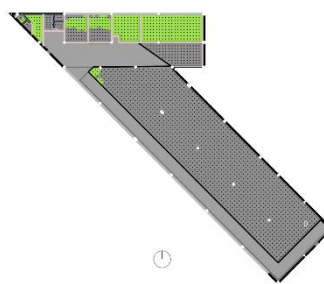
Os resultados referentes à avaliação do pré-requisito de Potencial de Integração da Luz Natural (PILN) e de Contribuição da Luz Natural (CLN), obtidos tanto pelo método simplificado quanto pelo método de simulação computacional, encontram-se na Tabela 2 e na Tabela 4. Observa-se, inicialmente, que, ao aplicar o método simplificado, nenhum dos ambientes avaliados foi desconsiderado em função do cálculo do Fator de Projeção externa ou da presença de esquadrias com área inferior ou igual a 1,86 m². Esse aspecto é relevante, pois garante a inclusão de todas as aberturas para contabilização da luz natural nos espaços internos, bem como no método de simulação.

Tabela 2: Resultado para Potencial de Integração da Luz Natural

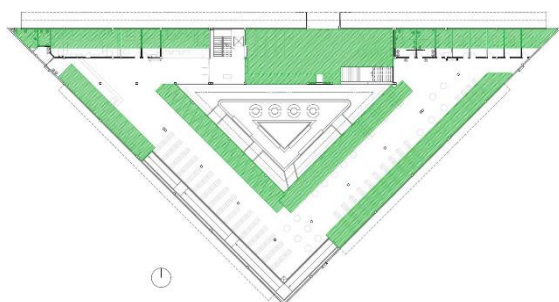
Método Simplificado	Método de Simulação
 ZP	<div> <div>050%100%</div> <div></div> </div>
Térreo: ZP = 80 m² = 16%	Térreo: ALNE300lx,50% = 86 m² = 16,7%



1º pav.: ZP = 636 m² = 53%



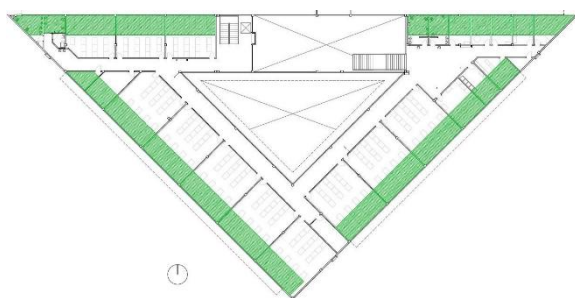
1º pav.: ALNE300lx,50% = 1.071 m² = 89,5%



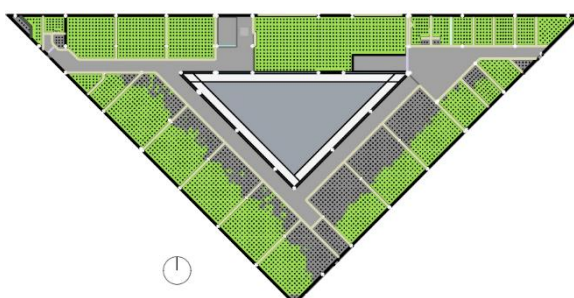
2º pav.: ZP = 447 m² = 43%



2º pav.: ALNE300lx,50% = 768 m² = 74,6%



Zona Primária no edifício = 1.083 m² = 40%



ALNE300lx,50% no edifício = 1.924 m² = 67%

Fonte: Autores, 2025.

A Tabela 2 estabelece um paralelo entre as áreas efetivamente reconhecidas como passíveis de integração à iluminação natural em cada um dos métodos. Nota-se que a simulação, por ser mais sensível a variáveis dinâmicas, permite incorporar condições reais de uso, como a atuação de elementos de sombreamento e controle de ofuscamento. Nesse caso, a Autonomia de Luz Natural Espacial (ALNE_{300lx,50%}) foi estimada considerando o acionamento automático das persianas em períodos nos quais se verificou desconforto luminoso, recurso disponível no *software* empregado.

Esse fator introduz diferenças significativas entre os resultados: no 1º pavimento, as persianas permaneceram fechadas em 8,2% do tempo de ocupação dos ambientes naturalmente iluminados, o que ocasionou uma redução do EAS da Área de Estudos para 7%. Já no 2º pavimento, esse fechamento ocorreu em 6,1% do período analisado, resultando em um EAS residual de apenas 0,2% para a Sala de Monitoria.

Os resultados indicam que a área reconhecida com Autonomia da Luz Natural Espacial no interior do edifício é 27% superior quando analisada pelo método de simulação (ALNE_{300lx,50%}), em comparação ao

método simplificado (ZP). Essa diferença corresponde a um acréscimo de 841 m² de área com potencial de integração da iluminação natural ao projeto. No que se refere ao atendimento do pré-requisito de Contribuição da Luz Natural (CLN), verifica-se que, em nenhum dos dois métodos avaliados, o edifício alcança o percentual mínimo de 90% da potência instalada exigido (Tabela 3). Contudo, as taxas de atendimento diferem de forma significativa: pelo método simplificado, apenas 46% da potência instalada cumpre o requisito de CLN, ao passo que, pela simulação, esse valor sobe para 61%, representando um acréscimo de 15 pontos percentuais.

Tabela 3: Análise da Contribuição de luz natural.

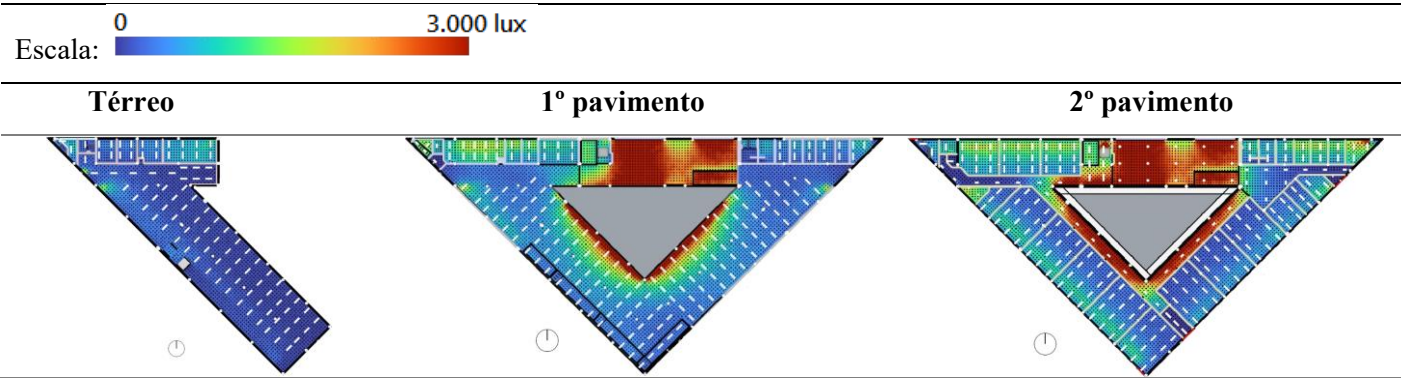
Método	Ambientes que atendem à CLN				
	Térreo	1º pav	2º pav		
Simplificado e Simulação	ISM 01; ISF 01; Processamento de Periódicos; Portal Capes; Estudos; Estantes; Rampa	ISF 02; ISM 02; Lavatórios; Circulações; Hall escada; Escadas	ISM 04; ISF 04; Copa; Casa de máquinas 1; Casa de máquinas 2; Circulações; Centro de fiação		
Simplificado			Sala 1; Sala 2; Sala 3; Sala 7; Sala 8; Sala 9; Sala 10; Sala 11		
Simulação	Comutação	Hall/estar; Processamento Técnico; Chefia; Secretaria; Estudos em grupo 2; Estudos em grupo 3; Estudos em grupo 4; Depósito; Atendimento; Empréstimo	ISM 03; ISF 03; Secretaria; Coop.; Técnico; Impressão; Monitoria; Almoxarifado; Laboratório Pesquisa; CPD		
Método	Potência Instalada (W)			Total (W)	
Simplificado	7.110	1.632	9.768	18.511	46%
Simulação	7.392	15.112	3.326	25.830	61%

Fonte: Autores, 2025.

Essa discrepância decorre, em parte, do fato de que, no processo de simulação, diversos ambientes não foram considerados como tendo separação de circuitos em relação à entrada de luz natural, uma vez que sua área já satisfazia integralmente o critério de $ALNE_{300lx,50\%}$. Dessa forma, a simulação reflete de maneira mais precisa o desempenho dos espaços frente ao aproveitamento da iluminação natural. Os resultados da Tabela 3 apresentam, de forma comparativa, essas diferenças no atendimento ao CLN, evidenciando o impacto que a escolha do método de avaliação exerce sobre os resultados e a consequente interpretação do potencial de eficiência luminosa do edifício.

Analizou-se ainda a iluminância média, proveniente da luz natural, no interior da edificação, considerando a presença e a disposição das luminárias existentes (Tabela 4).

Tabela 4: Iluminância média nos espaços internos e sistema de iluminação artificial



Fonte: Autores, 2025.

Observa-se que a iluminância sofre uma queda acentuada à medida que a profundidade do espaço aumenta, comportamento esperado em ambientes onde a principal fonte de luz natural provém das fachadas envidraçadas ou de aberturas laterais. Esse gradiente de iluminação evidencia a limitação da luz natural em alcançar regiões mais internas, reforçando a necessidade de estratégias complementares de projeto, como a utilização de elementos de redirecionamento da luz, caso opte-se por maximizar a luz natural nos espaços internos.

Quando se comparam esses resultados da Tabela 4 com os resultados apresentados na Tabela 2, percebe-se que as áreas com maiores níveis médios de iluminância coincidem com aquelas previamente apontadas pelo método simplificado como adequadas para integração à luz natural. Isso sugere que, embora o método simplificado seja mais limitado em termos de variáveis consideradas, ele consegue identificar de forma consistente as zonas do edifício com maior potencial de aproveitamento da iluminação natural.

No entanto, deve-se destacar que a análise apenas pela iluminância média pode mascarar situações de desconforto visual, como ofuscamento, ou mesmo insuficiência em horários específicos do dia. Além disso, a correlação entre os dois métodos não significa equivalência total, já que o cálculo simplificado não contempla o efeito dinâmico de fatores como variação sazonal, uso de dispositivos de sombreamento e interação com a iluminação artificial. Assim, a leitura conjunta das Tabelas 2 e 4 reforça a importância de associar métodos simplificados a simulações mais detalhadas, de modo a equilibrar a praticidade das análises preliminares com a precisão necessária para decisões de projeto e para a garantia de conforto luminoso dos usuários e a integração entre os sistemas de iluminação natural e elétrica de forma eficiente, no uso diário desses espaços.

Diante da divergência existente entre os pré-requisitos Potencial de Integração da Luz Natural (PILN) e Contribuição da Luz Natural (CLN) no que se refere às áreas a serem contabilizadas, apresentadas no item 3.1.1, foram comparados os resultados considerando-se duas situações distintas: uma incluindo as áreas de circulação e outra desconsiderando-as (Tabela 5). Para este estudo, foram classificadas como áreas de circulação aquelas destinadas exclusivamente a esse fim, englobando corredores, escadas e rampas. Essa

análise comparativa teve como objetivo verificar o impacto da inclusão dessas áreas na avaliação do atendimento à CLN, especialmente no que diz respeito à exigência de separação de circuitos de iluminação.

Tabela 5: Análise comparativa sobre contabilização ou não de áreas de circulação

Situação	EAS1000lx,250h	Potência instalada com Potencial de Integração com Luz Natural (PILN)		Potência instalada com Atendimento à Contribuição de Luz Natural (CLN)	
	Método Simulação	Método Simplificado	Método Simulação	Método Simplificado	Método Simulação
Com circulações	5,5%	54%	69%	53%	52%
Sem circulações	3,3%	40%	67%	46%	61%
Diferença	2,2%	14%	2%	7%	9%
Consequências	Redução significativa do percentual de EAS	aumento no atendimento ao PILN	aumento no atendimento ao PILN	aumento no atendimento à CLN	aumento no atendimento à CLN

Fonte: Autores, 2025.

Os resultados obtidos indicam que, quando as áreas de circulação são incluídas nas análises, observa-se um aumento no nível de atendimento aos pré-requisitos de Potencial de Integração da Luz Natural (PILN) e de Contribuição da Luz Natural (CLN), tanto no método simplificado quanto no método de simulação computacional. No estudo de caso analisado, verificou-se que até 14% da potência instalada deixa de ser avaliada quanto ao seu potencial de integração com a iluminação natural quando essas áreas não são consideradas, configurando-se como uma perda relevante em termos de eficiência energética e de aproveitamento da luz natural disponível.

Essa diferença tem implicações importantes. Apesar de serem ambientes de permanência transitória, corredores, rampas e escadas possuem iluminação artificial que, em geral, permanece acionada por longos períodos, muitas vezes de forma contínua, em função de questões de segurança e circulação. Assim, a exclusão dessas áreas das análises normativas pode levar a uma subestimação do real potencial de economia de energia do edifício. A consideração das circulações poderia não apenas elevar os índices de atendimento aos pré-requisitos, mas também direcionar estratégias de projeto e operação mais eficientes, como a automação dos circuitos de iluminação com sensores de presença, temporizadores e aproveitamento otimizado da luz natural.

Além disso, a análise evidencia uma lacuna entre o que é exigido normativamente e o que ocorre na prática projetual. Ao não prever diretrizes claras sobre o tratamento das circulações, os instrumentos normativos podem induzir a avaliações menos precisas do desempenho energético e lumínico global da edificação. Dessa forma, torna-se pertinente discutir se, em futuras revisões, a INI-C e a NBR 15215 deveriam

explicitar a obrigatoriedade — ou ao menos a recomendação — de considerar esses espaços, de modo a alinhar a avaliação com a realidade do consumo energético.

4 Considerações finais

O estudo aponta que a etiquetagem de edificações por meio da INI-C se apresenta como um instrumento de grande relevância para fomentar a eficiência energética no Brasil. Entretanto, a análise também evidencia que a existência de divergências entre métricas e critérios estabelecidos por diferentes instrumentos normativos nacionais compromete a clareza e a aplicabilidade prática desse processo. Nesse contexto, torna-se essencial a atualização da INI-C, de forma a harmonizar conceitos, parâmetros e exigências, assegurando maior coerência metodológica e alinhamento com a realidade dos projetos arquitetônicos e luminotécnicos.

Observa-se que o método simplificado, embora mais restritivo, apresenta vantagens na facilidade de aplicação. Sua simplicidade metodológica permite que seja utilizado em estágios iniciais de projeto, funcionando como uma ferramenta de diagnóstico preliminar, sobretudo em contextos nos quais não há disponibilidade de equipe especializada em simulação ou de recursos computacionais avançados. Por outro lado, a simulação computacional, embora demande maior especialização técnica e tempo de execução, mostrou-se mais abrangente e precisa, considerando variáveis complexas que impactam diretamente no desempenho luminoso do edifício.

Os achados evidenciam a importância da escolha do método de análise. Enquanto o procedimento simplificado tende a fornecer um panorama mais estático e generalista, a simulação de parâmetros dinâmicos revela a influência concreta de variáveis de operação, como a utilização de dispositivos de proteção solar. Isso demonstra que o conforto luminoso e a efetividade da iluminação natural não dependem apenas da geometria e da área das aberturas, mas também de estratégias de controle adotadas em resposta às condições de insolação e ofuscamento. Assim, ao ampliar a compreensão do comportamento real dos espaços, o método de simulação contribui para uma análise mais precisa, aproximando os resultados do uso cotidiano do edifício.

No estudo de caso, os resultados demonstraram que a simulação apontou até 27% a mais de Potencial de Integração da Luz Natural (PILN) em comparação ao método simplificado. Esse incremento ressalta como a modelagem dinâmica possibilita identificar de forma mais realista o potencial de aproveitamento da iluminação natural, especialmente em ambientes sujeitos a variações de insolação, sombreamento e ocupação. Contudo, essa diferença também implica em demandas distintas no atendimento ao pré-requisito de Contribuição da Luz Natural (CLN), o que pode influenciar diretamente as estratégias de projeto e de automação de iluminação.

Apesar dos avanços, verificou-se que as propostas de divisão de circuitos luminotécnicos sugeridas pelos métodos analisados podem não se traduzir em soluções totalmente eficazes no uso cotidiano da edificação, por seus usuários. Isso ocorre porque a distribuição espacial da luz natural é irregular e decai em profundidade, o que nem sempre é contemplado de forma adequada na separação convencional dos circuitos. Nesse sentido, compreender detalhadamente o comportamento da luz natural nos diferentes ambientes do edifício pode orientar estratégias mais refinadas, como a divisão de acendimento em fileiras independentes paralelas às aberturas, ajustadas de acordo com a intensidade luminosa disponível. Essa configuração permitiria uma operação mais eficiente, equilibrando conforto visual e redução do consumo energético.

Por fim, os resultados também ressaltam a importância dos dispositivos de controle solar. Os brises presentes nas fachadas mostraram-se eficientes ao garantir boa autonomia da luz natural, ao mesmo tempo em que reduzem significativamente o ofuscamento e a carga térmica provenientes da radiação direta. Contudo, verificou-se que em espaços específicos, como os Ambientes de Estudo (1º pavimento) e a Sala de Monitoria (2º pavimento), ainda ocorre desconforto visual. Nesses casos, a adoção de persianas internas ou outros mecanismos de sombreamento dinâmico pode oferecer um ajuste mais fino, permitindo adaptar a entrada de luz solar às condições reais de uso, ampliando o conforto dos usuários sem comprometer o desempenho energético.

Referências

- ALVES, T. P. ; SOUZA, R. V. G. ; MACHADO, L. ; WILDE, P. Assessing the energy saving potential of an existing high-rise office building stock. **Energy and Buildings**, v. 173, p. 547-561, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.05.044>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.215-3: Iluminação natural - Procedimentos para avaliação da iluminação natural em ambientes internos**. Rio de Janeiro, ABNT, 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO/CIE 8995: Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- BAKR, S.; NAGY, G. Enhancing Users' Comfort in Existing University Libraries in Egypt Through Daylight Strategies. **Fayoum University Journal of Engineering**, v. 3, n. 2, p. 40–52, 1 jun. 2020.
- BEN. **Balanco Energético Nacional**. MME, Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2025>. Acesso em: 02. out. 2025.
- BRASIL. INMETRO. **Instrução Normativa para a classificação de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas**. Portaria Nº 309, de 6 de setembro de 2022. Brasília, 2022, 125 p.
- BRASIL. INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R**. Anexo II - Tabela de descontos das esquadrias. Portaria Nº 372, de 2010. Brasília, 2010, p. 134-136.

- CASSARES, N. C.; PETRELLA, Y. L. M. M. Influência da radiação de luz sobre acervos museológicos. **Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material**, São Paulo, 2001.
- CLIMATE ONE BUILDING. **Repository of Building Simulation Climate Data**. Washington, 2024. Disponível em: <https://climate.onebuilding.org>. Access in: 11 jan. 2025.
- CEN - European Committee for Standardization. **EN 17037**: Daylight in buildings. Brussels, 2018.
- DABAJ, B; RAHBER, M.; FAKHR, B. V. Impact of Different Shading Devices on Daylight Performance and Visual Comfort of A Four Opening Sides' Reading Room in Rasht. **Journal of Daylighting**, v. 9, n. 1, p. 97–116, 30 jun. 2022. Doi: 10.15627/jd.2022.7
- FRANÇA, S. S. D.; FONSECA, R. W. D.; PEREIRA, F. O. R. Método simplificado baseado na disponibilidade de luz difusa para estimar o potencial energético do aproveitamento da luz natural em edificações. **PosFAUUSP**, v. 27, n. 51, p. e168249, 6 jan. 2021.
- HESCHONG, L. Daylighting and Human Performance. **Ashrae Journal**, v. 44, n. 6, p. 65–67, 1 jun. 2002.
- IESNA - Illuminating Engineering Society of North America. **LM-83-23**: Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE). New York, 2023.
- MONTEIRO, L. A.; MENDES, L. C. F.; SOUZA, R. V. G.; AMORIM, C. L.; MACHADO, G. B. S. Integração da luz natural em edificação de ensino superior usando a INI-C. **Arquitetura Revista (Unisinos)**, v. 19, p. 106-123, 2024.
- MONTEIRO, Larissa Arêdes; MENDES, Ludmila Cardoso Fagundes; DE ARAÚJO E SILVA, Hugo; ADACHI, Gabriela Souza Podboi; SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de. Potencial circadiano da iluminação artificial no retrofit de sala de aula universitária. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2024. p. 1–11. DOI: 10.46421/entac.v20i1.5848.
- PBE EDIFICA. **PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem**. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sobre>. Acesso em: 10 fev. 2025.
- RIBEIRO, N. F. **Análise de edificações existentes para fins de proposta de simplificação do RTQ-C**. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.
- SOLEMMA LLC. **ClimateStudio**. Minneapolis, 2025. Disponível em: <https://www.solemma.com/climatestudio>. Access in: 10 jan. 2025.
- UFMG. **Oásis**. 2024. Disponível em: <https://www.ufmg.br/sustentabilidade/projetos/oasis/>. Acesso em 13. Jan. 2025.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e à FUNDEP pela bolsa de pesquisa em nível de doutorado.