

## **Integração da Luz Natural através da INI-C: comparação entre métodos simplificado e de simulação**

### ***Daylight Integration through INI-C: Comparison between simplified and simulation methods***

**Larissa Arêdes Monteiro, Mestra, UFMG**

lam2019@ufmg.br

**Lucas Barbosa Prudente, Graduando em Arquitetura e Urbanismo, UFMG**

lucasbp@ufmg.br

**Hugo de Araújo e Silva, Graduando em Arquitetura e Urbanismo, UFMG**

hugoaraujo2911@ufmg.br

**Roberta Vieira Gonçalves de Souza, Doutora, UFMG**

robertavgs@ufmg.br

Número da sessão temática da submissão – [2F]

#### **Resumo**

Uma forma de economizar energia com o sistema de iluminação das edificações é o aproveitamento da luz natural, que depende de proporcionar conforto ao usuário e da integração com o sistema de luz artificial. Um recente instrumento para essa avaliação é a INI-C (2022), do PBE Edifica. Tendo como objeto de estudo a Biblioteca de Engenharia da UFMG, buscou-se comparar o potencial de iluminação natural comparando os métodos simplificado e de simulação da INI-C. Também se buscou compreender como garantir a efetiva integração com o sistema de luz artificial. Concluiu-se que divergências entre os instrumentos normativos brasileiros precisam ser sanadas. A simulação oferece 27% a mais de potencial de integração da luz natural, mas a divisão de circuitos para acionamento das luminárias, requerida nos dois métodos, pode não garantir a integração mais eficiente com a luz artificial.

**Palavras-chave:** Eficiência energética; INI-C; Iluminação natural

#### **Abstract**

*One way to save energy in lighting systems is by harvesting daylight, which depends on providing visual comfort and integration with artificial lighting systems. A recent tool for this evaluation is the INI-C (2022) from PBE Edifica. Taking the UFMG Engineering Library as a case study, this research aimed to compare the daylighting potential using the simplified and simulation methods of INI-C. The work also sought to understand how to ensure effective integration with the artificial lighting system. It was concluded that discrepancies between Brazilian regulatory instruments need to be addressed. The*

*simulation shows 27% more potential for daylight integration, but the circuit division for luminaire activation, required by both methods, may not guarantee the most efficient integration with artificial lighting.*

**Keywords:** *Energy efficiency; INI-C; Daylighting*

## 1. Introdução

A presença da luz natural é essencial em bibliotecas, pois é capaz de impulsionar a produtividade e o bem-estar dos usuários (Dabaj; Rahbar; Fakhrc, 2022). No entanto, a incidência constante de luz em materiais de acervo, como os livros, precisa ser pensada com cuidado no projeto, visto que a radiação solar pode deteriorar o papel, deixando-o com aparência amarelada e com as fibras enfraquecidas, além de causar o desbotamento de tintas alterando a legibilidade de documentos (Cassares; Petrella, 2001).

Em 2023 o setor de edificações foi responsável por 51,8% do consumo de eletricidade no Brasil (BEN, 2024), sendo a iluminação artificial um dos principais usos finais de eletricidade neste setor. Diante disso, torna-se essencial ampliar a eficiência energética destes sistemas e não apenas pelo uso de sistemas de iluminação eficientes como os LEDs. O aproveitamento da luz natural é uma estratégia eficaz para reduzir o consumo de eletricidade, por meio da diminuição do uso da iluminação artificial e da operação desse sistema em consonância com a disponibilidade da luz natural (Monteiro *et al.*, 2024; França; Fonseca; Pereira, 2021; Alves *et al.*, 2018).

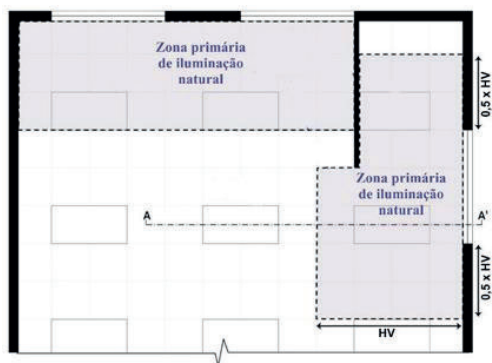
No Brasil, as discussões sobre o tema de eficiência energética datam de 1984, iniciadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, INMETRO, e culminando na fundação do Programa Brasileiro de Etiquetagem, PBE, que mais tarde se expandiu para o setor de edificações, por meio do PBE Edifica. Inicialmente, a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, ENCE, era concedida de acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, RTQ-C, para essas tipologias. No entanto, devido às limitações desse método, foi publicada em 2022 a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, INI-C (PBE Edifica, 2025).

A classificação do sistema de iluminação na INI-C é feita a partir da determinação da Densidade de Potência de Iluminação, DPI, do edifício. Uma das etapas dessa classificação, é a avaliação da elegibilidade do sistema para o nível A, através da análise de quatro pré-requisitos: (I) Potencial de Integração da Luz Natural (PILN), (II) Contribuição da Luz Natural (CLN), objetos de estudo do presente trabalho, além da avaliação do (III) Controle Local e do (IV) Desligamento Automático do sistema de iluminação (Brasil, 2022).

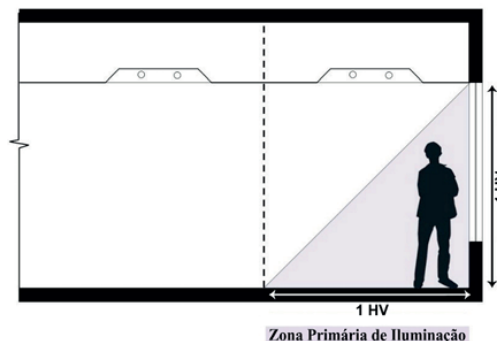
O pré-requisito do Potencial de Integração da Luz Natural informa sobre o percentual de área iluminada naturalmente em relação à toda área iluminada da edificação, e pode ser calculado por meio dos métodos simplificado ou de simulação. Esse pré-requisito é estabelecido em porcentagem de área, com caráter informativo, sem limites máximos ou mínimos. No entanto, é obrigatório para edifícios que buscam a etiqueta de nível máximo. Ele também alimenta a análise do pré-requisito de CLN.

Pelo Método Simplificado, o PILN é calculado através da razão da área das Zonas Primárias, (ZP), de luz natural e da área total iluminada da edificação. A ZP é determinada por um método gráfico, desenhada em planta-baixa, para as aberturas laterais e zenitais que permitem a entrada de luz natural. Para aberturas laterais, sua profundidade é equivalente à altura da verga (HV) da

janela, enquanto sua largura corresponde à largura do plano translúcido da janela, adicionando-se metade da altura da verga de janela em cada lado, devendo ser subtraídas áreas localizadas atrás de obstruções permanentes com 1,80 m ou mais de altura (Figuras 1 e 2) (Brasil, 2022).



**Figura 1: Exemplo de definição 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 que possuem projeções externas, deve ser calculado o Fator de Projeção (FP), razão entre o comprimento da projeção e a altura entre o ponto mais baixo da abertura até a projeção externa. Para  $FP \geq 1,0$  em projeções voltadas para sul, ou para  $FP \geq 1,5$  para as demais orientações, a ZP não deve ser contabilizada. Também não são contabilizadas no potencial de integração: aberturas laterais com envidraçada  $\leq 1,86 \text{ m}^2$ ; e ZP's para abertura lateral em que o topo de qualquer obstrução permanente (do entorno) seja, no mínimo, duas vezes mais alto que o topo da abertura (Brasil, 2022).

Pelo Método de Simulação, o programa computacional deve possibilitar: a análise da iluminação natural dinâmica por meio de arquivos climáticos, modelagem tridimensional e configuração de materiais; resultados que possam ser lidos de forma gráfica e com o cálculo de Autonomia da Luz Natural Espacial (ALNE) de forma individual para cada espaço interno, com  $ALNE_{300lx,50\%}$  para 10 horas diurnas; possibilitar o uso de cortinas nas aberturas, em caso de detecção de Exposição Anual à Luz Solar Direta ( $EAS_{1000lx,250h}$ ). A LM-83 (IES, 2012) afirma que uma  $EAS_{1000lx,250h} \leq 3\%$  é preferível,  $\leq 7\%$  é neutro, e  $\leq 10\%$  é inaceitável.

Um ponto interessante a ser tratado é que a INI-C não distingue os níveis de iluminação natural requeridos em espaços de ocupação regular e em espaços de permanência transitória, exigindo um  $ALNE_{300lx,50\%}$  mínimo para circulações, banheiros e depósitos.

Tem-se ainda que em 2024 foi publicada nova versão da ABNT NBR 15.215-3 (ABNT, 2024) que estabelece parâmetros para a ALNE indicando o atendimento a uma iluminância mínima e a uma iluminância alvo respectivamente de 100 e de 250 lux (em 50% do tempo) especificamente para ambientes de permanência prolongada em edificações não residenciais. Esta norma possui parâmetros baseados na norma europeia EN 17037 (CEN, 2018) e estabelece ainda critérios para a avaliação da EAS.

Já o pré-requisito de Contribuição da Luz Natural, CLN, complementa a análise do pré-requisito de ZP, estabelece 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 localizadas nas zonas primárias. O pré-requisito se aplica para iluminação geral, com algumas exceções, como auditórios, primeira fileira de luminárias paralelas ao quadro em salas de aula, circulações e garagens que possuam sensores de presença (BRASIL, 2022).

Assim, para elegibilidade do nível A, os pré-requisitos II, III e IV devem ser atendidos para pelo menos 90% da potência total instalada no edifício.

O presente estudo objetiva então comparar o Potencial de Integração da Luz Natural através dos métodos simplificado e de simulação da INI-C, tomando como estudo de caso a Biblioteca de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a fim de compreender a incidência da luz natural nos espaços internos segundo cada método e como garantir a Contribuição de Luz Natural nesses.

## **2. Procedimentos Metodológicos**

A Metodologia do trabalho foi dividida em 4 etapas: (1) Levantamento das características da edificação, realizado através de consulta aos projetos e visita *in loco*. Determinação do percentual de área com potencial de integração da luz natural (2) através da aplicação do método prescritivo, com desenho das ZP's de luz natural e (3) através de simulação computacional, com o cálculo de  $EAS_{1000lx,250h}$  e depois de  $ALNE_{300lx,50\%}$ . Por fim, (4) comparação dos resultados das etapas 2 e 3.

### **3.1. Estudo de caso**

O Estudo de Caso é a Biblioteca de Engenharia, localizada no campus Pampulha da UFMG, e é parte do escopo do Projeto Oásis, uma iniciativa de pesquisa técnico-científica voltada para a redução do consumo de energia elétrica, por meio da instalação e gestão de um sistema de minirrede e da promoção do aumento da eficiência energética nos edifícios do Campus (UFMG, 2024).

A edificação possui formato triangular, com três fachadas externas, voltadas para norte, sudeste e sudoeste (Figura 3). Com um jardim em seu interior, possui três fachadas internas, voltadas para sul, nordeste e noroeste. Possui três pavimentos, com pé-direito (P.D.) de 3,6 m em todos os ambientes, exceto as instalações sanitárias que possuem P.D. de 3,0 m e o hall com P.D. duplo de 7,3 m. A maior parte das fachadas internas e externas possui aberturas com vidro incolor translúcido, tendo ainda, o hall principal, dois tipos de tijolo de vidro na fachada externa norte. Duas aberturas encontradas nas fachadas nordeste e noroeste possuem película, para escurecimento do vidro. Na fachada Norte há uma platibanda prolongada por brise horizontal e nas fachadas Sudeste e Sudoeste há uma platibanda com brises filetados dispostos na vertical (Figuras 4 e 5). Venezianas internas também são encontradas em algumas janelas. A edificação possui uma passarela de ligação para a Escola de Engenharia, na fachada Norte. As fachadas Sudeste e Sudoeste não possuem edificações vizinhas próximas, apenas árvores adjacentes às ruas do entorno.





**Figura 3: implantação e entorno da Biblioteca de Engenharia.** Fonte: Autores.



**Figura 4: Vistas das fachadas sudeste e sudoeste.**  
**Figura 5: Vistas das fachadas sudeste e norte e da passarela de ligação à Escola de Engenharia.** Fonte: Autores.

O Quadro 1 informa as áreas iluminadas e os Percentuais de Abertura na Fachada (PAF).

Quadro 1: Área iluminada e PAF.

| Área iluminada                     | PAF Fachadas externas | PAF Fachadas internas |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Térreo: 513 m <sup>2</sup>         | Norte: 27%            | Sul: 42%              |
| 2º pavimento: 1.196 m <sup>2</sup> | Sudeste: 20%          | Nordeste: 32%         |
| 3º pavimento: 1.029 m <sup>2</sup> | Sudoeste: 16%         | Noroeste: 32%         |
| Total: 2.738 m <sup>2</sup>        |                       |                       |

Fonte: Autores.

### 3.2. Potencial de Integração da Luz Natural através da INI-C

No Método Simplificado, as ZP's foram representadas em planta, no *software AutoCad* 2024. Já que as fachadas possuem platibandas externas e, a fachada Norte conta ainda com brise no prolongamento horizontal, foram calculados os Fatores de Projeção para as aberturas desconsiderando-se ZP de aberturas com  $FP \geq 1,0$  na fachada sul e  $\geq 1,5$  nas demais fachadas.

No método de simulação, o modelo tridimensional foi feito no programa *Rhinoceros 7.0* e a simulação feita com o uso do *plug-in ClimateStudio 2.0*. O *plug-in* foi escolhido por atender à todas as exigências da INI-C (Brasil, 2022) para simulações da luz natural com avaliações climáticas anuais, e pelo acesso com a licença da universidade. Como o *plug-in* funciona apenas no *Rhinoceros*, o mesmo foi utilizado para a modelagem, que contemplou o edifício, considerando sua geometria, aberturas, grades e proteções solares; entorno com edifícios vizinhos, pisos e vegetação. A configuração dos materiais, da localidade e demais dados de simulação, foram feitos no *plug-in*. O *ClimateStudio* possui uma biblioteca de materiais reais, com dados medidos por fontes validadas (Solemma, 2025), utilizada para configurar o modelo 3D. Os dados de entrada foram descritos no Quadro 2, com informações de Transmitância visível (Tvis) dos materiais translúcidos e Refletância ( $\rho$ ) dos materiais opacos.

Alguns dos envidraçados tiveram sua transmitância medida *in loco* de forma simplificada, com uso de luxímetro. A metodologia proposta por Ribeiro (2016) foi aplicada, visto que, películas de escurecimento foram encontradas em alguns vidros, bem como diferentes tijolos de vidro de superfícies difusas, que impactam na incidência da luz natural. Posteriormente, foi

aplicado um desconto de 5% na transmitância dos vidros das aberturas, dado pelo coeficiente de obstrução do caixilho (kc) conforme indicações do RTQ-R (Brasil, 2010).

Uma opção possibilitada pelo *ClimateStudio*, é a inserção de árvores já configuradas no modelo 3D, com material folicular dinâmico, ou seja, sua folhagem reduz e muda de cor, a depender da latitude e da época do ano. As opções de árvores variam em densidade da copa (esparsa, média e densa) e altura (curta, média e alta). Assim, as árvores do entorno foram incluídas no modelo. Apenas as palmeiras, localizadas próximas à fachada norte do edifício, não foram representadas, pois são esbeltas e com pouca folhagem, entendendo-se que não estão representadas nas opções do *plugin* e que interferem pouco na incidência de iluminação interna.

Demais dados de entrada para simulação foram: arquivo climático “BRA\_MG\_Belo.Horizonte-Pampulha.868000\_TMYx.2009-2023” (ClimateOneBuilding, 2024); horário entre 8 e 18 horas. Para o motor de simulação Radiance: *ambient bounces* 6; *limit weight* 0,01; *max number of passes* 100, conforme configurações *default* do *plugin*.

Quadro 2: Propriedades ópticas dos materiais.

| Dados                 | Input                                            | Dados                   | Input                                     | Dados                 | Input                                               |
|-----------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|
| Azulejo cerâmico      | <i>White ceramic wall</i> - ρ 77,74%             | Parede externa vermelha | <i>Dupont red 11</i> - ρ 14,08%           | Gramma                | <i>Grass 6</i> - Ref. 11,19%                        |
| Cabine banheiro cinza | <i>Grey wall</i> - ρ 15,76%                      | Parede interna branca   | <i>White painted walls</i> - ρ 83,99%     | Grade                 | <i>Aluminium grey ext. cladding</i> - ρ 47,6%       |
| Caixa de elevador     | <i>Aluminium grey ext. cladding</i> - ρ 47,6%    | Pilar branco            | <i>White painted walls</i> - ρ 83,99%     | Brise                 | <i>Aluminium window mullion</i> - ρ 67,6%           |
| Calçada de concreto   | <i>Concrete grey ext. floor tiles</i> - ρ 18,38% | Piso cerâmico branco    | <i>White painted ceiling</i> - ρ 88,4%    | Veneziana metálica    | <i>Aluminium grey ext. cladding</i> - ρ 47,6%       |
| Calçamento de pedra   | <i>Grey stone exterior floor</i> - ρ 25,31%      | Piso de concreto        | <i>Light grey painted floor</i> - ρ 37,1% | Bloco de vidro 1      | <i>Kalwall 70mm air crystalcrystal</i> - Tvis 58%   |
| Edifícios do entorno  | <i>Grey exterior plaster facade</i> - ρ 43,17%   | Platibanda              | <i>White painted ext. wall</i> - ρ 71,01% | Bloco de vidro 2      | <i>Kalwall 70mm opt_1 crystalcrystal</i> - Tvis 35% |
| Escadas               | <i>Media lab granite steps</i> - ρ 12,60%        | Cabine banheiro azul    | <i>Blue painted wall</i> - ρ 18,6%        | Vidro com película    | <i>Solarban 70 (2) on solargray</i> - Tvis 33,1%    |
| Forro branco          | <i>White painted ceiling</i> - ρ 88,4%           | Teto de concreto        | <i>Exterior concrete wall</i> - ρ 71,1%   | Vidro 6mm translúcido | <i>Starphire-starphire</i> - Tvis 83,5%             |

Fonte: Autores.

Na simulação, as aberturas das edificações foram consideradas fechadas. As malhas de análise foram configuradas com altura de 0,75 m do piso acabado, com distância entre as paredes de 0,3 a 0,5 m, e mínimo de 20 sensores, conforme a INI-C.

### 3. Resultados

Algumas questões foram levantadas na revisão dos instrumentos normativos:

1º) Na INI-C o pré-requisito de (I) Potencial de Integração da Luz Natural solicita que o cálculo da porcentagem de áreas iluminadas naturalmente seja feito com base na área iluminada total interna da edificação. Na análise do pré-requisito subsequente, de (II) Contribuição da Luz Natural, a instrução é que de que alguns ambientes apresentam exceção ao pré-requisito. No entanto, não fica claro no texto se os ambientes que representam exceção à CLN devem ou não ser avaliadas no pré-requisito I. Para este estudo as áreas de circulação não foram simuladas



nem computadas na área total iluminada, entendendo-se que nestas áreas não é necessária a separação de circuitos para a CLN.

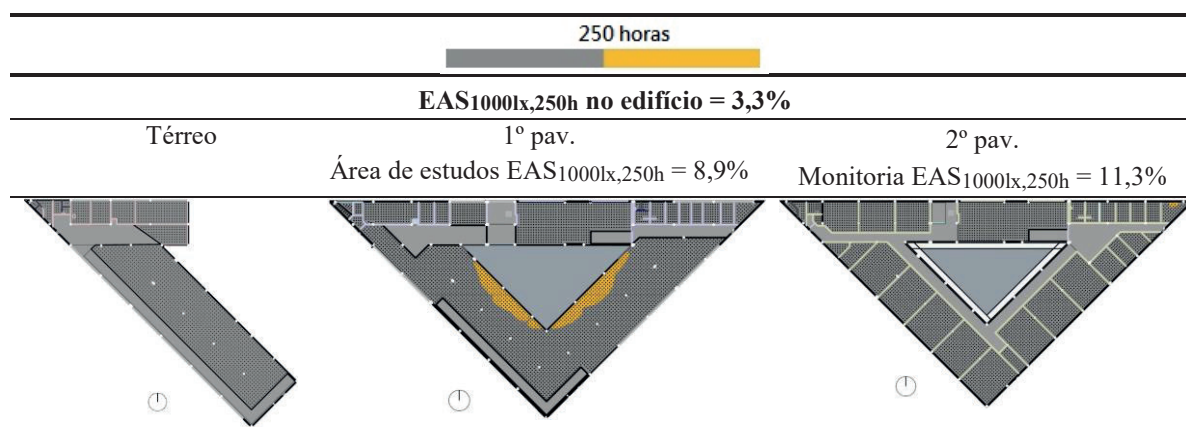
2º) A INI-C instrui que a avaliação de EAS seja feita com base no disposto pela LM-83 (IESNA, 2012). No entanto, a LM-83 dispõe que para EAS acima de 7%, deve ser prevista a simulação de cortinas ou persianas. A INI-C não considera a análise da existência de persianas ou cortinas fazendo com que a análise de EAS não tenha uma consequência sobre a eficiência energética do sistema de iluminação. Já a NBR 15215-3 (ABNT, 2024) preconiza EAS como inaceitável quando igual ou superior a 10%, e indica que neste caso deve ser previsto dispositivo de proteção solar em ambientes de permanência prolongada, foco da Norma.

3º) A NBR 15215-3, publicada em 2024, indica que iluminância alvo seja analisada para 250 lux, em 50% do tempo de ocupação do espaço com luz do dia, anualmente. A norma estabeleceu a iluminância alvo de 250 lux, baseada em estudos mais recentes, que compreendem a apreciação do usuário sobre a luz natural. Já a INI-C, inspirada pelas normas norte americana (IESNA, 2012) e europeia (CEN, 2018), adotou a iluminância alvo de 300 lux fazendo com que as normas brasileiras apresentem valores diferentes para análise da iluminação natural. Tem-se ainda que esta norma estabelece uma iluminância mínima de 100lux em 50% do tempo que poderia ser estabelecida para ambientes de permanência transitória.

## 4.1. Potencial de Integração e Contribuição da Luz Natural

A Tabela 1 apresenta resultados de  $EAS_{1000lx,250h}$ , através do método de simulação. Os resultados para todo o edifício é de 3,3% da área considerada como iluminada, o que seria considerado neutro. No entanto, ao se analisar cada um dos ambientes em separado, verifica-se que o térreo não mostra ocorrência do desconforto por insolação, enquanto no 1º pavimento a Área de Estudos apresenta uma EAS de 8,9% e no 2º pavimento, a Sala de Monitoria apresenta uma EAS de 11,3%, indicando que nestes ambientes devem ser utilizadas cortinas para atenuar o desconforto nas horas de ocorrência.

Tabela 1: Resultado de  $EAS_{1000lx,250h}$  na simulação.



Fonte: Autores (2025).

Os resultados da avaliação do pré-requisito de PILN e CLN, pelos métodos simplificado e de simulação, são mostrados nas Tabelas 2 e 3. Destaca-se que, na aplicação do método simplificado, nenhum ambiente do edifício foi excluído pelo cálculo do Fator de Projeção externa, ou pela existência de esquadrias com área  $\leq 1,86 \text{ m}^2$ .

A Tabela 2 compara as áreas consideradas para integração com a iluminação natural pelos métodos simplificado e de simulação. Na simulação, a  $ALNE_{300lx,50\%}$  foi calculada considerando o fechamento de persianas nos horários e ambientes com ocorrência de desconforto, através de recurso automático do programa. Destaca-se que essas persianas estiveram fechadas no 1º pavimento em 8,2% do tempo de ocupação do espaço iluminado naturalmente, reduzindo o EAS da Área de Estudos para 7%, enquanto no 2º pavimento, as cortinas estiveram fechadas em 6,1% desse tempo, reduzindo EAS para 0,2% na Sala de Monitoria.

Tabela 2: Resultado do Potencial de Integração da Luz Natural.

| Método Simplificado                                 | Método de Simulação                                         |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| ZP                                                  | 0 50% 100%                                                  |
| Térreo: ZP = 80 m <sup>2</sup> = 16%                | Térreo: $ALNE_{300lx,50\%}$ = 86 m <sup>2</sup> = 16,7%     |
| 1º pav.: ZP = 636 m <sup>2</sup> = 53%              | 1º pav.: $ALNE_{300lx,50\%}$ = 1.071 m <sup>2</sup> = 89,5% |
| 2º pav.: ZP = 447 m <sup>2</sup> = 43%              | 2º pav.: $ALNE_{300lx,50\%}$ = 768 m <sup>2</sup> = 74,6%   |
| $\Sigma$ Zona Primária = 1.083 m <sup>2</sup> = 40% | $\Sigma$ $ALNE_{300lx,50\%}$ = 1.924 m <sup>2</sup> = 67%   |

Fonte: Autores (2025).

Os resultados mostram que a área considerada como iluminada naturalmente no interior da edificação é 27% maior pelo método de simulação ( $ALNE_{300lx,50\%}$ ), quando comparado ao método simplificado (ZP), representando um acréscimo de 841 m<sup>2</sup> de área com potencial para integração com a iluminação natural.

Ao avaliar o pré-requisito de CLN, nota-se que por nenhum dos 2 métodos a edificação atenderia ao pré-requisito para 90% da potência instalada (Tabela 3). Enquanto pelo método simplificado 46% da potência instalada atende ao requisito de CLN, por simulação o



atendimento é de 61% da potência instalada, ou seja, 15% a mais do atendimento. Tal se deve, por exemplo, ao fato de que, pelo método de simulação, diversos ambientes não tiveram separação de circuitos em relação à entrada de luz natural uma vez que sua área atende na totalidade ao requisito de  $ALNE_{300,50\%}$ . As diferenças de atendimento à CLN são apresentadas comparativamente na Tabela 3.

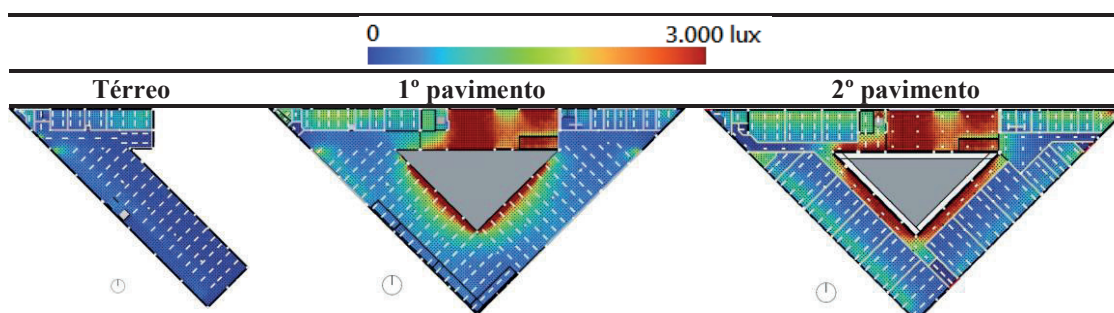
Tabela 3: Resultado da Contribuição de luz natural.

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

Fonte: Autores (2025).

Na Tabela 4 apresenta-se a iluminância média de luz natural na edificação com visualização das luminárias existentes no edifício. Nota-se que a iluminância decai de forma significativa em profundidade no espaço. Ao se comparar estes resultados com aqueles da Tabela 2, nota-se que as áreas com maior nível de iluminação médio correspondem àquelas identificadas pelo método simplificado.

Tabela 4: Resultado da iluminância média na simulação.



Fonte: Autores (2025).

Em função da diferença em relação as áreas a serem contabilizadas pelos pré-requisitos (I) e (II), comparou-se os resultados para as duas situações: contabilizando e não contabilizando

áreas de circulação (Tabela 5). Ressalta-se que áreas de circulação foram consideradas áreas que possuem tal função exclusivamente, considerando ainda escadas e rampas. Tal comparação é função da intenção de avaliar o peso da divisão de circuitos para CLN em áreas de circulação.

Tabela 5: Comparação dos resultados contabilizando ou não áreas de circulação.

| Método          | EAS1000lx,250h                    | Potência instalada com<br>Potencial de Integração com<br>Luz Natural |                               | Potência instalada com<br>Atendimento à Contribuição<br>de Luz Natural |                              |
|-----------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
|                 |                                   | Simulação                                                            | Simplificado                  | Simulação                                                              | Simplificado                 |
| Com circulações | 5,5%                              | 54%                                                                  | 69%                           | 53%                                                                    | 52%                          |
| Sem circulações | 3,3%                              | 40%                                                                  | 67%                           | 46%                                                                    | 61%                          |
| Diferença       | 2,2%                              | 14%                                                                  | 2%                            | 7%                                                                     | 9%                           |
| Implicação      | Redução significativa do % de EAS | aumento no atendimento à PILN                                        | aumento no atendimento à PILN | aumento no atendimento à CLN                                           | aumento no atendimento à CLN |

Fonte: Autores (2025).

Os resultados mostram que considerando-se as circulações nas análises, haveria um aumento no atendimento à PILN e à CLN, tanto no método simplificado quanto por meio de simulação computacional. No caso estudado até 14% da potência instalada não é analisada em seu potencial de integração com a iluminação natural, o que é considerado como uma perda significativa na economia de energia que esta integração poderia gerar.

## 4. Análises dos Resultados

Com base na revisão bibliográfica, entende-se que a INI-C, sendo uma metodologia complexa que demanda a busca de referências externas para aplicação, leva a dificuldades na interpretação de seus requisitos em relação ao PILN quando não determina uma porcentagem de área máxima para a consideração da Exposição Anual à Luz Solar. Seria mais simples se o texto indicasse que o programa de simulação deve considerar o uso de persianas o que este faz automaticamente, para dada condição. Desta forma se otimizaria o tempo de simulação.

Também verificou-se que não é clara a exigência da integração de luz natural em ambientes de circulação, auditórios e garagens, uma vez que a análise de potencial de integração é exigida para toda a área iluminada da edificação, mas não o é para a avaliação da Contribuição de Luz Natural. No estudo, as diferenças encontradas na contabilização de áreas de circulação ou não, foram de até 14% da potência instalada, o que é considerado significativo.

Verificou-se ainda que a exigência em projetos luminotécnicos para ambientes de permanência transitória pela NBR 8995:2013 varia entre 100 e 200 lux enquanto a INI-C indica para a análise de iluminação natural um nível de iluminação de 300 lux em 50% do tempo. Para estes ambientes deveria ser considerado um menor nível de iluminação, talvez de 100 lux indicado como iluminância mínima na nova versão da NBR 15.215-3:2024.

A análise de EAS mostrou a eficiência dos dispositivos de controle solar da edificação. Os brises que compõem todas as fachadas externas, são responsáveis por impedir parte significativa da entrada de raios solares diretos.

Apesar do método de simulação apresentar alto Potencial de Integração da Luz Natural (78% da potência instalada), a NBR 15.215-3:2024 indica que a iluminação natural dos espaços internos é considerada suficiente quando se atinge 250 lux, e não 300 lux, como estipula a INI-

C. Tomando-se como referência o valor de 250 lux, em 50% do tempo, o Potencial de Integração da Luz Natural poderia ser ainda maior.

Os resultados mostraram que o método de simulação apresenta maior Potencial de Integração da Luz Natural pela INI-C, quando comparado ao método simplificado. O método simplificado pode apresentar limitações na análise da iluminação natural pela não consideração de entorno, refletâncias e obstruções, mas se mostrou eficaz para prever as áreas com maiores níveis de iluminação natural indicando claramente a separação da 1ª fileira de luminária próximas à janela. Já o método de simulação engloba na área iluminada por luz natural mais de uma fileira de luminárias próximas às aberturas.

Quanto à Contribuição da Luz Natural, a INI-C requer que pelo menos 90% da potência instalada no edifício atenda ao pré-requisito para Classificação A do sistema, objetivo este não alcançado pelos métodos simplificado e de simulação. Os resultados demonstraram que modificações na divisão dos circuitos das luminárias são necessárias, a fim de garantir o atendimento à CLN. No entanto, a depender do método aplicado, essa divisão de circuitos é diferente, já que esses apresentam diferentes áreas de incidência de luz natural. E, mesmo que as luminárias presentes em áreas diagnosticadas com luz natural suficiente sejam acesas de forma independente, essa solução pode não garantir o aproveitamento da luz natural de forma eficiente, percebido pelos resultados da Tabela 4, que mostram que a luz natural decai exponencialmente de acordo com a profundidade do espaço. Acredita-se que o ideal seria dividir os acendimentos das luminárias em fileiras, paralelas às aberturas, mas com acendimento independente para cada fileira, à medida que a luz natural decai no espaço interno.

## 5. Conclusão

O estudo entende que a etiquetagem de edifícios através da INI-C tem potencial significativo na promoção da eficiência energética no Brasil. No entanto, divergências na classificação das métricas em instrumentos normativos brasileiros dificulta a aplicação destes. Atualizar a INI-C neste sentido faz-se essencial. Entende-se que as limitações do método simplificado podem justificar o fato deste ser mais restritivo, no entanto, sua aplicação foi considerada mais simples do que a simulação, que requer mão de obra e conhecimentos mais específicos na sua adoção.

Para o estudo de caso, concluiu-se que a simulação apresenta até 27% a mais de Potencial de Integração da Luz Natural, quando comparada com o método simplificado da INI-C. E esse PILN apresenta diferentes demandas para a Contribuição da Luz Natural. Porém, ainda sim, a divisão de acionamento das luminárias preconizadas pelos dois métodos pode não ser a mais eficiente no uso cotidiano da edificação. Compreender como a distribuição da luz natural se comporta, pode dar uma orientação mais eficaz de como propor a divisão dos circuitos para acionamento das luminárias com maior potencial de integração da luz natural.

Por fim, entende-se ainda que os brises são eficientes no conforto visual e térmico do edifício, já que garantem boa autonomia da luz natural, ao mesmo passo que reduzem significativamente o desconforto causado pela luz solar direta. No entanto, mais dispositivos de controle solar são necessários nos ambientes de Estudos (1º pav.) e Sala de Monitoria (2º pav.), sendo a persiana uma boa opção de ajuste dinâmico para esses pontos específicos.

## Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Apoio da UFMG (FUNDEP) pelo fomento à pesquisa.



## 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.
- BEN. **Balanco Energético Nacional**. MME, Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024>. Acesso em 15. jan. 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.
- IESNA - Illuminating Engineering Society of North America. **LM-83-12: Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE)**. New York, 2012.
- 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.
- 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.