ESTUDO COMPARATIVO DE DUAS FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA SIMULAÇÃO DE ILUMINAÇÃO NATURAL

Marcelo Epiphanio da Rosa (1); Anderson Martins Wojciechowski (2); Gabriel Ramos de Queiróz (3); Carolina de Mesquita Duarte (4); Celina Britto Correa (5)

(1) Arquiteto, Mestrando em Arquitetura e Urbanismo, marceloerosa20@gmail.com, Universidade Federal de Pelotas
(2) Engenheiro Civil, Mestrando em Arquitetura e Urbanismo, andersoncivil3@gmail.com, Universidade Federal de Pelotas
(3) Arquiteto, Mestre em Engenharia Civil, gqueiroz3@gmail.com, Faculdade Anhanguera de Barreiro
(4) Arquiteta, Mestranda em Arquitetura e Urbanismo, carolinademesquitaduarte@hotmail.com, Universidade Federal de Pelotas
(5) Doutora em Arquitetura e Urbanismo, celinabrittocorrea@gmail.com, Universidade Federal de Pelotas, Laboratório de Conforto e Eficiência Energética

RESUMO

Sendo a construção civil um dos setores de maior consumo energético, faz-se necessário minimizar os impactos ambientais que essa atividade pressupõe. Nesse sentido, busca-se a qualidade do ambiente construído, o conforto do usuário e a eficiência energética da edificação. Os programas de simulação são facilitadores nas análises de desempenho térmico e energético, que devem ser utilizados desde o início do projeto, possibilitando o estudo de alternativas que equilibrem soluções construtivas, econômicas e de desempenho. Com o intuito de contribuir com informações que incentivem o uso da simulação da iluminação natural, tão determinante na eficiência energética da edificação, este estudo tem como objetivo comparar a funcionalidade, a eficiência e a usabilidade de duas ferramentas computacionais para simulação de desempenho da luz natural em regime dinâmico. A primeira delas, o *plug-in Insight 360*, incorporado no *software Revit* (*Autodesk*), e a segunda, o *ClimateStudio* (*Solemma*) de associação ao *software Rhinoceros* (*Robert McNeel & Associates*). O método empregado foi um estudo de caso, no qual foi avaliado o seu desempenho lumínico, especificamente as condições de iluminação natural, através de simulação computacional, levando em consideração o protocolo recomendado pela INI-C, regulado pela IES LM 83. Como resultado, observou-se que o *Insight 360*, *plug-in* do *Revit*, programa de tecnologia BIM usado por escritórios de arquitetura e engenharia, permite a avaliação de desempenho através de um único programa. Entretanto, o *ClimateStudio* responde com mais adequação às exigências normativas, apresenta maior eficiência com um tempo de processamento menor e permite melhor interpretação dos resultados das métricas de avaliação.

Palavras-chave: iluminação natural, simulação computacional, desempenho lumínico.

ABSTRACT

As the construction industry is one of the most energy-consuming sectors, it is necessary to minimize the environmental impacts that this activity involves. In this sense, the quality of the built environment, user comfort, and energy efficiency of the building are sought. Simulation programs are facilitators in thermal and energy performance analyses, which should be used from the beginning of the project, allowing the study of alternatives that balance constructive, economic, and performance solutions. In order to contribute with information that encourages the use of natural lighting simulation, which is crucial for building energy efficiency, this study aims to compare the functionality, efficiency, and usability of two computer tools for simulating natural light performance in a dynamic regime. The first one is the *Insight 360* plug-in, incorporated in the *Revit* software (*Autodesk*), and the second is *ClimateStudio* (*Solemma*) associated with the *Rhinoceros* software (*Robert McNeel & Associates*). The method employed was a case study, in which its lighting performance was evaluated, specifically natural lighting conditions, through computational simulation,

considering the protocol recommended by INI-C. As a result, it was observed that the *Insight 360* plug-in from *Revit*, a BIM technology program used by architecture and engineering firms, allows performance evaluation through a single program. However, *ClimateStudio* responds more appropriately to regulatory requirements, has higher efficiency with a shorter processing time, and allows for better interpretation of evaluation metric results.

Keywords: daylighting, computer simulation, lighting performance.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia do ambiente construído tem como premissa proporcionar conforto aos usuários e, através da otimização projetual, diminuir o consumo energético e melhorar o desempenho das edificações. Atualmente, existem muitas ferramentas computacionais para simulação de eficiência energética, que auxiliam nas tomadas de decisões durante a fase de projeto e apoiam o uso eficiente dos recursos utilizados, levando em consideração os padrões exigidos por normas e certificações (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Entretanto, muitos *softwares* ainda são poucos explorados por profissionais de Arquitetura, Engenharia e Construção Civil (AEC) devido à alta complexidade técnica exigida pelos padrões de entrada e saída de dados no campo da simulação de eficiência energética. As potencialidades em usar ferramentas para realização de simulação computacional para análises energéticas de forma simplificada e integrada à modelagem (CHONG; LEE; WANG, 2017), bem como a programação da manutenção de edifícios, podem antecipar a realidade da edificação desde a fase inicial de projeto a partir da integração entre as informações (SILVA; SALGADO, 2017). Esse processo melhora a qualidade do projeto, porque permite a avaliação de alternativas construtivas, ambientais e econômicas a partir da integração inicial das informações da construção.

No contexto de redução do consumo energético em um projeto de edificação, conhecer a disponibilidade de luz natural abrange principalmente três aspectos: I) a distribuição e o nível de luminosidade nos espaços internos a partir de decisões de aberturas e revestimentos internos; II) proteção solar para minimizar ou controlar o ofuscamento; e III) sombreamento para controle dos ganhos de calor (RENHART, 2014). Contudo, é evidente que a eficiência energética é alcançada através de um projeto integrado, que observe de forma conjunta todos os requisitos de desempenho que garantam conforto térmico e luminoso, entre outros.

Dentre as disponibilidades atuais, a tecnologia Building Information Modeling (BIM) se destaca como uma ferramenta promissora, com potencial e envolvimento simultâneo disciplinar na colaboração e redução de retrabalho em projeto (EASTMAN *et al.*, 2018), a partir da modelagem paramétrica de forma inteligente. Neste universo, entre os programas BIM, o *software Revit* (*Autodesk*) tem se destacado como uma das ferramentas mais adotadas na indústria dos escritórios de arquitetura e engenharia, pois aprimora a qualidade na entrega de produtos (GHAFFARIANHOSEINI *et al.*, 2017), principalmente no Brasil. O programa disponibiliza *plug-ins* como ferramentas complementares que possibilitam a simulação de desempenho energético e usam como motor a renderização baseada em nuvem A360. Na área de iluminação natural, ferramentas como *Elumtools*, *Insight 360* e *Sefaira* são *add-ins* que podem ser integrados diretamente ao *Revit* com núcleos de simulação de iluminação natural (MIRI; ASHTARI, 2019) para análise e avaliações dos níveis de iluminâncias e autonomia da luz natural. No entanto, ainda há pouca literatura acerca da funcionalidade e fluxo de trabalho do *Insight 360* para *Revit* no âmbito das exigências e recomendações da normativa brasileira, visto que sua operacionalidade e qualidade dos seus resultados ainda é pouco contrastada com aqueles de motores específicos para simulação de iluminação natural.

Paralelamente a esse cenário, o desenvolvimento contínuo de pesquisas em tecnologia permite integrar ferramentas de modelagem de alta performance com *softwares* de análise ambiental, como o caso do *software ClimateStudio* (*Solemma*), que se integra na forma de *plug-in* com o *software Rhinoceros 3D*, permitindo estudos avançados de iluminação natural e análise térmica.

Diante disso, e baseado na revisão de literatura que apresenta um número maior de trabalhos na área de simulação de desempenho térmico do que lumínico, este artigo busca realizar uma análise comparativa entre duas ferramentas computacionais, e uma averiguação de suas capacidades, como suporte para a simulação de desempenho da iluminação natural, através de um estudo de caso. Além disso, há os seguintes questionamentos: as ferramentas em análise geram resultados equivalentes para serem utilizadas com o mesmo propósito? Cumprem com as recomendações normativas? Apresentam flexibilidade para importar ou desenvolver modelos paramétricos? Podem ser usadas em computadores de performance intermediária? Qual o tempo de execução da análise? São de uso intuitivo e amigável? Proporcionam resultados de fácil interpretação? (CRIPPA *et al.*, 2021).

Tal análise pretende auxiliar na tomada de decisão sobre o *software* de simulação computacional que possa melhor predizer a iluminação natural presente numa edificação, considerando a precisão de resultados que colaborem com a otimização projetual.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo comparar a funcionalidade, a eficiência e a usabilidade das ferramentas computacionais *Insight Lighting Analysis* (*Revit*) e *ClimateStudio* (*Rhinoceros*) para simulação de desempenho da luz natural em regime dinâmico, atendendo as recomendações da Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C).

3. MÉTODO

O método empregado foi um estudo de caso em uma edificação, no qual foi avaliado o seu desempenho lumínico, especificadamente condições de iluminação natural, através de simulação computacional com o uso de duas ferramentas para análise: o *plug-in Insight Lighting Analysis*, versão 4.0 integrado ao Revit 2022, e o *plug-in ClimateStudio*, na versão 1.8 integrado ao *Rhinoceros* versão 7.0. Foram avaliadas as métricas de Autonomia de Luz Natural Espacial (ALNE) e de Exposição Anual à Luz Solar Direta (EAS), recomendadas pela INI-C (INMETRO, 2021), reguladas pela IES LM 83 (IESNA, 2012) e também conhecidas pelos seus termos em inglês, *Spatial Daylight Autonomy* (sDA) e *Annual Sunlight Exposure* (ASE).

A Autonomia da Luz Natural Espacial (sDA) é um percentual da área da edificação ou de uma parcela da edificação em que determinada iluminância é alcançada ou ultrapassada, em um percentual do período de ocupação, ao longo do ano, considerando-se apenas a iluminação natural (INI-C, Anexo C.II). Os parâmetros definidos por protocolo para essa análise são muitos, incluindo: I) nível de iluminância de 300 lux; II) período de tempo das 8h às 18h durante um ano climático e resultados que indiquem as horas onde se alcança ou se excede os 300lux de iluminância em pelo menos 50% do tempo considerado ($sDA_{300,\ 50\%}$); e III) que os resultados provenientes da simulação se refiram ao espaço todo e sejam expressos em porcentagem de área que atendam a esses requisitos (MEEK; WYMELENBERG, 2015).

A Exposição Anual à Luz Solar Direta (ASE) corresponde à porcentagem de área do ambiente que excede 1000 lux por mais de 250 horas ocupadas ao longo do ano, sendo representada pela sigla $ASE_{1000lux/250h}$. A ASE está relacionada ao conforto dos usuários e trata-se de um valor relativo que tenta delimitar condições de potencial desconforto visual geradas por incidência direta de sol no plano de trabalho (IESNA, 2012).

3.1. Ferramenta *Insight 360*

Admitindo a importância da análise de desempenho automatizada e a crescente demanda pela tecnologia BIM, a *Autodesk* desenvolveu a ferramenta *Insight 360*, do tipo *plug-in* que fica integrada à barra de ferramentas do *Revit*, o que facilita o desenvolvimento do projeto e a sua análise de desempenho com apenas um programa. Desenvolvida em 2015 pela Autodesk e baseada na *Web Insight 360* para *Revit*, incorpora recursos de *Energy Analysis* e *Lighting Analysis*, permitindo estudos de simulação de iluminação natural por meio de visualizações da Autonomia da Luz Natural e análises da radiação solar em superfícies com dados gerais para desempenho integrado.

O *plug-in Insight Lighting Analysis* usa um serviço de renderização baseado em nuvem que, após enviar os dados de entrada, executa as simulações e retorna com os resultados da análise de iluminação. (AUTODESK, 2018 apud MACEDO, 2021). O programa possui um custo relativamente alto para a execução das simulações no Insight para fim profissional, porém é disponibilizado de forma gratuita na versão educacional, sendo esta última empregada neste estudo. No entanto, a adoção dessa ferramenta ainda não está consolidada no mercado da construção brasileira.

3.2. Ferramenta *ClimateStudio*

Com a evolução dos programas de simulação para análise de iluminação natural, térmica e de consumo de energia, pesquisadores do grupo *Solemma* modificaram o *plug-in* DIVA transformando-o no *ClimateStudio*, com uma nova proposta de interface simplificada e com capacidade de gerar simulações em frações de tempo menores em comparação ao seu antecessor. O DIVA integrava *Radiance* e *Daysim* com o *Rhinoceros* e foi desenvolvido pela *Graduate School of Design* da Universidade de Harvard em 2011 para análise de iluminação natural (GHOBAD, 2018).

De conhecida capacidade no processo de análise de desempenho ambiental, o *ClimateStudio* permite análises em edifícios e bairros e ajuda na otimização das edificações para a eficiência energética por meio do

acesso à luz natural, desempenho de iluminação elétrica, estudos de design em massa, conforto visual e térmico e sombreamento urbano. O *plug-in* funciona integrado ao *software* de modelagem 3D *Rhinoceros*, e ambos os programas são pagos em suas versões profissionais, entretanto podem ser gratuitos quando usados para fins educacionais.

3.3. Estudo de caso

O estudo de caso foi desenvolvido para a cidade de Pelotas – RS que se localiza na Zona Bioclimática 2 (Latitude: 31° 46′ 19″ Sul, Longitude: 52° 20′ 33″ Oeste). O objeto de estudo deste trabalho é uma sala de cartório do Foro da Comarca de Pelotas – RS (Figura 1), com área de 70,35 m² e aberturas orientadas ao sul e ao leste, modelo adotado no estudo de (RUIVO; FERNANDES; CORREA, 2018). Optou-se por uma sala do quinto pavimento do prédio pelo fato de não apresentar nenhuma obstrução no entorno, então não considerado nas simulações.

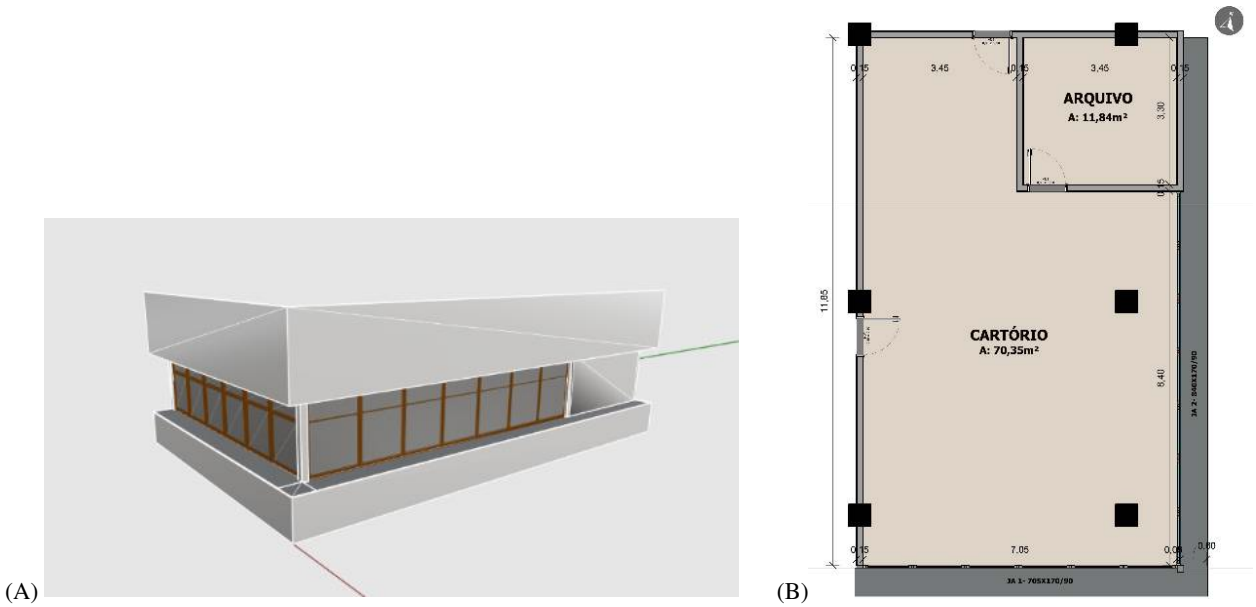


Figura 1 - Estudo de caso: (A) modelo digital tridimensional; (B) planta baixa da sala (Os autores).

3.4. Configuração de materiais

Os materiais opacos foram configurados conforme suas refletâncias e os vidros conforme sua transmissividade, valores apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Refletância dos materiais (RUIVO; FERNANDES; CORREA, 2018).

Componentes	**Características dos materiais**	**Refletâncias (%)**
Paredes externas	Pastilha tipo NGK cor área 5x5cm	75
Paredes internas	Pintura PVA na cor bege	75
Piso	Madeira do tipo parquet colado	35
Portas	Madeira	35
Caixilhos	Alumínio na cor marrom escuro	10
Forro	Pacote / Em painel Fibra-roe branco	85
Pingadeira	Ardósia	40
Beiral / Projeção pav. superior	Pastilha tipo NGK cor areia 5x5cm	75
Componentes	**Características Dos Materiais**	**Transmissividade (%)**
Vidro reflexivo	6mm transparente	29

3.5. Simulação computacional através do *Insight 360*

O modelo digital foi desenvolvido no programa computacional Autodesk Revit 2022 em sua versão educacional. Foi modelada a sala do cartório do Foro da Comarca de Pelotas – RS conforme a materialidade real do ambiente, a fim de garantir resultados mais precisos nas simulações. Para a realização do estudo foi integrado o *Insight 360* na versão 3.0 na mesma extensão do *Revit* 2022.

No *Insight 360*, o arquivo climático é obtido através de um banco de dados da *World Meteorological Organization* (WMO) pela indicação de uma cidade para a localização do objeto em análise. Foi inserida a localização real do edifício, com latitude e longitude da estação meteorológica mais próxima à cidade de Pelotas (hemisfério sul). O programa disponibiliza, através da aba "*Gerenciar – localização"*, opções para a definição da localização por meio do "*Internet mapping servisse"* ou "*Default city list"* com a definição automática do arquivo climático tipo TMY (*Typical Meteorological Year*) disponibilizado pelo servidor climático da *Autodesk*.

Na sequência, é necessário configurar as propriedades dos materiais opacos e translúcidos. A refletância é determinada pela proporção de luz refletida em relação a luz incidente, sendo que a capacidade de uma superfície absorver ou refletir radiação luminosa varia de acordo com sua cor e textura, exercendo uma influência significativa no comportamento da luz natural (CINTRA,2011). No *Insight 360*, a refletância é definida a partir de parâmetros RGB através da edição na aba "*Aparências"* (configurar valores de RGB). O programa disponibiliza uma tabela guia de ajuda com índices de reflexão e valores de RGB.

A realização da simulação utiliza créditos da nuvem, ou seja, uma taxa cobrada para executar uma simulação para uso profissional; no entanto, para este estudo, o processo foi gratuito por ter sido executado na versão educacional. É possível escolher simulação estática a partir das configurações de tipo de céu, data, hora, valores limites de iluminâncias, distância da malha em relação ao piso e distância entre pontos de medição. Por outro lado, a simulação dinâmica possui configurações predefinidas e fixas, não sendo possível alterar os limites das métricas. A Figura 2 apresenta o *plug-in* instalado dentro do *Revit* e, para esta pesquisa, foi realizado simulação dinâmica anual, no período entre 8h e 18h, utilizando céu Perez, com o plano de análise a 30 polegadas (76,2 cm) do piso, com configurações automáticas empregando as métricas Autonomia de Luz Natural Espacial (sDA) e Exposição Anual à Luz Solar Direta (ASE) para a amostragem das 3.650 horas por meio da análise completa da certificação LEED v4 EQc7 opt1(sDA + ASE), compatível com a recomendação da INI-C.



Figura 2 - Configuração no *Insight 360* (Os autores).

3.6. Simulação computacional através do *ClimateStudio*

O modelo digital foi configurado no *software Rhinoceros* 7.0 com sua materialidade separada por seus respectivos *layers*, conforme indica a Figura 3. A criação da malha de pontos é outro passo importante para as métricas da LM-83 (sDA + ASE), assumidas pela INI-C. São também dados de entrada: o espaçamento entre pontos (*sensor spacing*), o espaçamento entre paredes e pontos limítrofes da malha (sensor *inset*), o distanciamento do plano de referencia (*workplane offset*) e o período de uso do espaço na avaliação (*occupancy*).

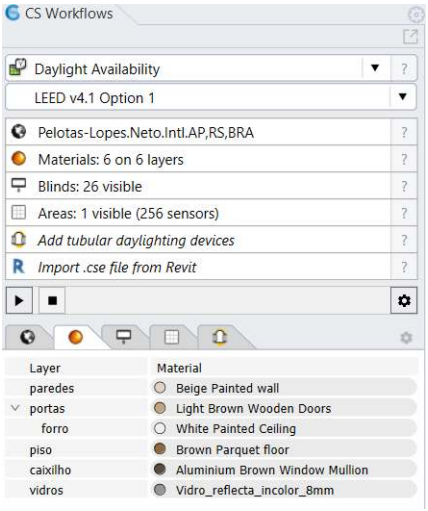


Figura 3 - Configuração no *ClimateStudio* (Os autores).

O tipo de análise selecionado foi a *Daylight Availability*, para cálculo anual de Autonomia da Luz Natural Espacial e Exposição Anual à Luz Solar Direta, métricas apresentadas na opção LEED v4.1 *Option* 1. Na configuração da localização foi usado o arquivo climático da base de dados do próprio programa (Figura 4) e realizado o ajuste da orientação geográfica da edificação (rotação do Norte) na interface do *Rhinoceros*, conforme a posição do modelo.

Location	Country	Data Type	Latitude	Longitud	Source
Pelotas Lopes Neto Intl AP 839850	BRA	TMYx.2004-2018	-31,718	-52,328	climate.onebuilding.org

Figura 4 - Arquivo climático (Os autores).

Por fim, o botão *play,* indicado na aba CS *Workflows*, inicia o processo de simulação e, imediatamente, os resultados simulados são disponibilizados na interface do *Rhinoceros*.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

São apresentados e discutidos os resultados das simulações realizadas com as ferramentas *Insight 360* e *ClimateStudio*, em conformidade aos requisitos da normativa INI-C (INMETRO, 2021) para as métricas Autonomia de Luz Natural Espacial (sDA) e Exposição Anual à Luz Solar Direta (ASE). As simulações dinâmicas em ambos os programas envolveram a configuração individual de cada parâmetro durante os processos de operação.

Observa-se que no *Insight 360* as propriedades dos materiais necessitam de configuração através da utilização de sistema RGB com base na tabela guia da *Autodesk* e, com isso, aumenta o fluxo de trabalho (Figura 5).

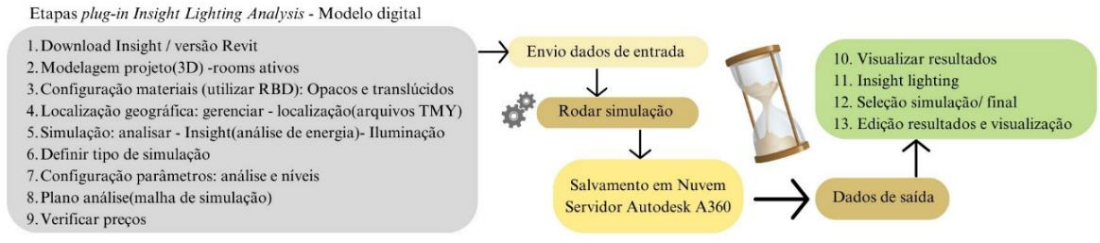


Figura 5 - Diagrama de entrada/saída de dados no *Insight 360* (Os autores).

O tempo de processamento no *Insight 360* é longo, pois necessita percorrer um caminho maior em comparação ao *ClimateStudio* para a execução de uma simulação da luz natural baseada em nuvem. Por outro lado, por estar integrado ao *Revit*, *software* usado como ferramenta de trabalho por arquitetos e engenheiros, favorece a adoção da ferramenta por ser mais intuitivo. Além disso, o *Insight 360* possibilita ao usuário o armazenamento de todas as simulações realizadas em sua conta pessoal A360.

Embora o *plug-in Insight Lighting Analysis* possibilite a verificação da Autonomia de Luz Natural Espacial, o mesmo também realiza uma análise pelos padrões estabelecidos pela certificação LEED, o que

possibilita duas opções de processo com configuração predefinidas para simulação integrada: simulação de Autonomia de Luz Natural Espacial e Exposição Anual à Luz Solar Direta (2 a 3 pontos). O resumo dos resultados para a análise de iluminação pelo LEED v4 EQc7 verifica as métricas e apresenta os resultados especificando a quantidade de pontos obtidos para a certificação. A análise do modelo desse estudo alcançou os critérios de aprovação referente a opção 1 do LEED (3 pontos), como pode ser verificado na Figura 6.

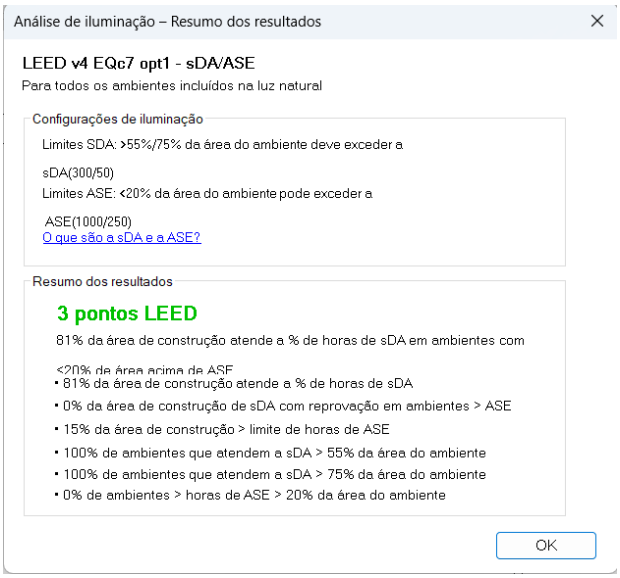


Figura 6 - Resumo dos resultados de sDA / ASE (Os autores).

O *Insight* disponibiliza uma variedade de visualização de resultados: em valores percentuais, com pontos de malha no plano de análise ou resultados gráficos em cores falsas (Figura 7).

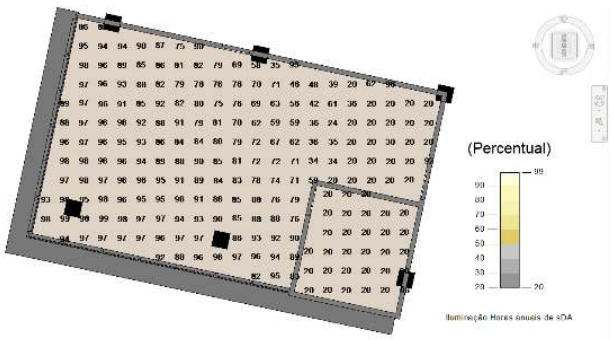
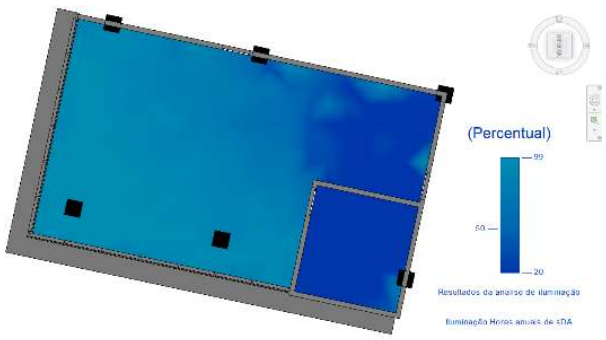
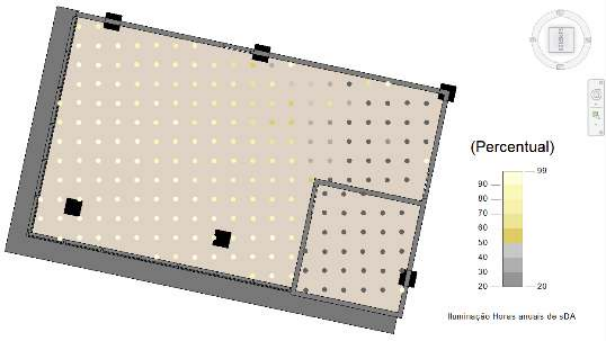
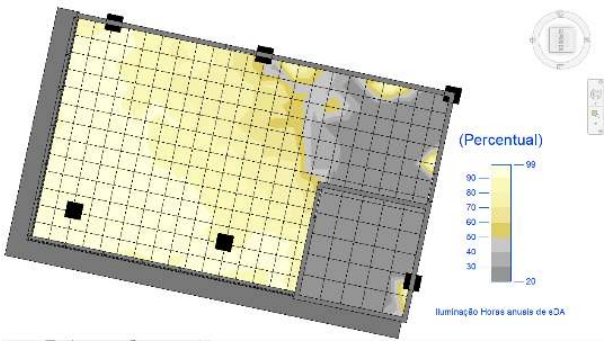
sDA (dados numéricos na grade de pontos)	**Validação sDA/ASE**
	
sDA (pontos conforme critérios do LEED v4 EQc7 opt1)	**sDA (manchas conforme critérios do LEED v4 EQc7 opt1)**
	

Figura 7 - Resultados no *Insight 360* (Os autores).

No *ClimateStudio*, que se utiliza de parâmetros avançados, é facilitada a verificação conjunta dos resultados em sua interface. De forma automática, o programa gera resultados integrados das métricas de Autonomia de Luz Natural Espacial (sDA), Exposição Anual à Luz Solar Direta (ASE) e níveis de iluminância (Lux). O fluxo de trabalho (Figura 8) é relativamente simples e o tempo de simulação é mínimo na obtenção

de resultados, visto que sua operacionalidade se dá por meio do processor do computador e não por salvamento em nuvem, como no caso do *Insight 360*.

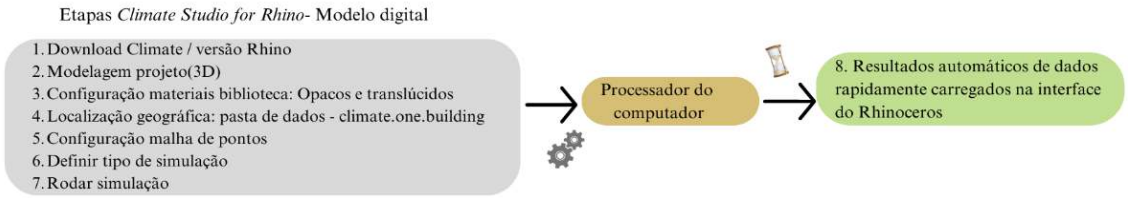


Figura 8 - Diagrama de entrada/saída de dados no *ClimateStudio* (Os autores).

Os resultados no *ClimateStudio* são apresentados em três cores distintas e fixas para verificação (Figura 9).

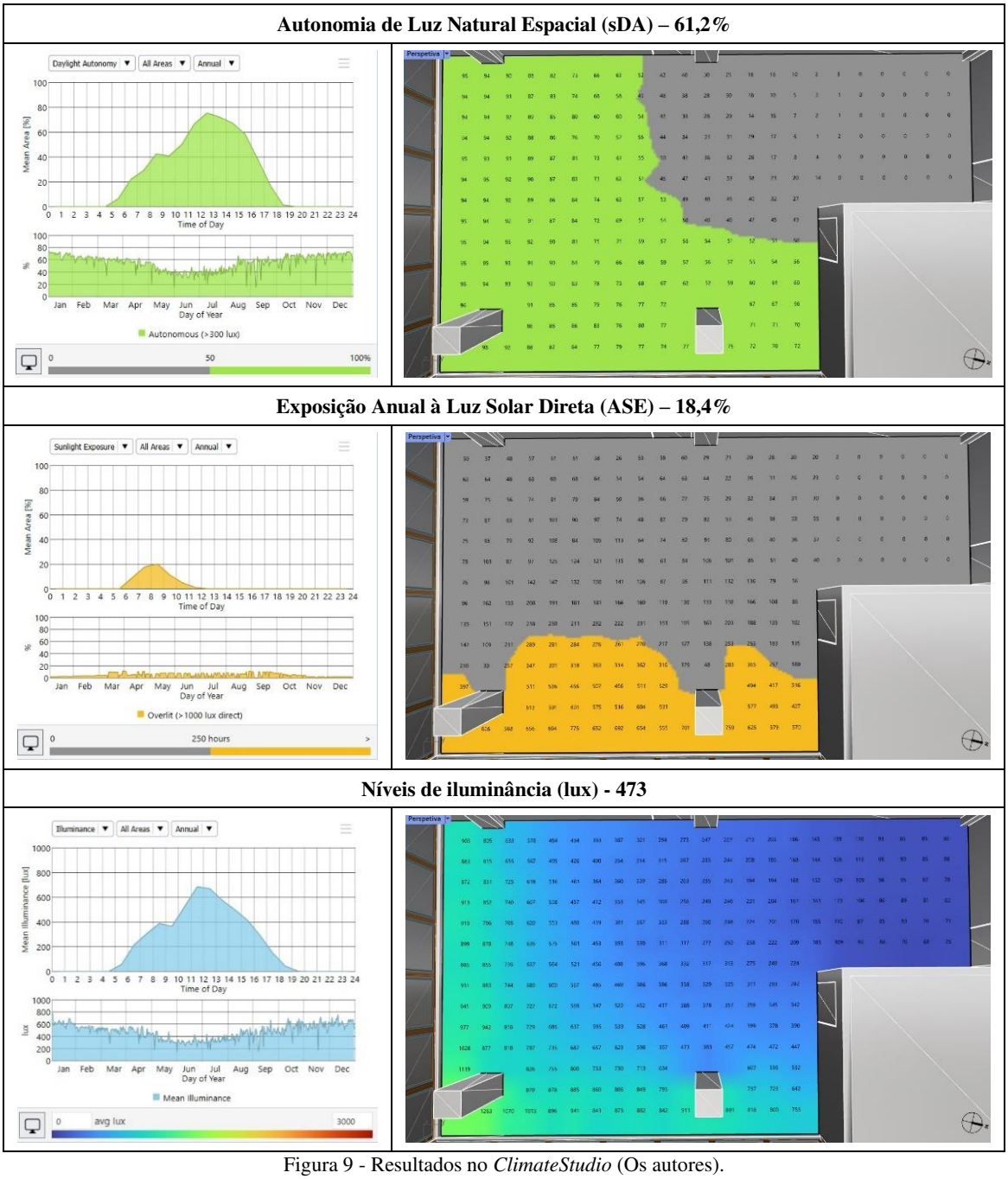


Figura 9 - Resultados no *ClimateStudio* (Os autores).

A seguir, apresenta-se de forma esquemática a síntese dos resultados deste trabalho (Quadro 1).

Quadro 1 - Síntese dos resultados de comparação entre os softwares.

	Questões	***Insight 360***	***ClimateStudio***
Funcionalidade	Quanto aos requisitos da INI-C.	Não possibilita a operação de persianas e cortinas e não utiliza algoritmo do raio traçado ou da radiosidade conforme exigência da norma.	Executa simulações conforme requisitos às métricas exigidos pelo regulamento.
	Quanto à flexibilidade para desenvolver e importar modelos paramétricos.	Modelagem paramétrica e flexível em *Revit* (3D) e arquivos CAD podem ser importados podendo perder parâmetros.	Modelagem paramétrica e flexível no *Rhinoceros* (3D) e permite importações de arquivos CAD e *SketchUp*.
Eficiência	Quanto ao tempo de execução durante uma simulação.	Alta demanda de tempo necessário para realização de simulações, visto que o *Insight* opera de forma manual e com salvamento em nuvem.	Baixa demanda de tempo, visto que a ferramenta disponibiliza parâmetros configurados de forma automática.
	Quanto ao processador do computador.	Necessita de um processador de performance avançada.	Boa eficiência de execução em processadores intermediários.
Usabilidade	Quanto à interface.	Interface intuitiva e apresenta informações integradas à modelagem.	Interface intuitiva, amigável e clara.
	Quanto à interpretação e análise de resultados.	Fácil interpretação, apesar de disponibilizar resultados simplificados.	Fácil interpretação, com resultados precisos através de figuras, tabelas e gráficos.

Fonte: adaptado de CRIPPA *et al*., 2021.

5. CONCLUSÕES

Sendo a construção civil um dos setores de maior consumo energético, faz-se necessário minimizar os impactos ambientais que essa atividade pressupõe. Nesse sentido, busca-se a qualidade do ambiente construído e o bem-estar e o conforto do usuário aliados à eficiência energética da edificação. Os programas computacionais de simulação de desempenho do ambiente construído são facilitadores nas análises de desempenho térmico e energético que devem ser utilizados como ferramentas de projeto, no sentido de possibilitar alternativas que equilibrem soluções construtivas, de desempenho e econômicas.

Com o intuito de contribuir com informações que incentivem o uso da simulação da iluminação natural, tão determinante na eficiência energética da edificação, foram comparadas duas ferramentas. A primeira delas o *plug-in Insight 360*, incorporado no *software Revit* (*Autodesk*), e a segunda, o *ClimateStudio* (*Solemma*) de associação ao *software Rhinoceros*. Portanto, neste estudo foi desenvolvida uma análise que explorou a funcionalidade de uso, a eficiência e a usabilidade dos *softwares* em operação.

A possibilidade de parametrização inteligente da metodologia BIM em fase inicial de projeto permite trabalhar de forma integrada em um único arquivo e, nesse quesito, o *Insight 360* favorece a adoção da ferramenta por arquitetos e engenheiros, já que o *Revit* é bem aceito nos escritórios de arquitetura e engenharia. Por outro lado, o *plug-in* apresenta fragilidade pela alta demanda de tempo e obstáculos nas etapas de configuração de parâmetros de refletância dos materiais, pois essa fase se dá de forma manual devido ao critério de reconhecimento dos dados através do sistema RGB.

Em relação ao programa *ClimateStudio*, observou-se que o *plug-in* fornece resultados precisos e realizados em pouco tempo, pois o processador é mais eficiente do que pelo armazenamento em nuvem, como no caso do *Insight 360.*

Coloca-se em questão que, apesar de ambos os *softwares* realizarem análises lumínicas com as métricas estabelecidas pela INI-C (INMETRO, 2021) em simulações dinâmicas, o *Insight 360* apresenta os resultados com os critérios validados para a certificação LEED v4. Outra fragilidade deste é a impossibilidade da verificação da iluminância anual, resultado da simulação dinâmica, visto que o *plug-in* só possibilita essa informação em análise estática, aquela na qual se considera um tempo específico pré-determinado, e não um ciclo anual. Observou-se também uma vulnerabilidade no fato do programa não se enquadrar no protocolo para simulação de iluminação natural presente na versão mais atual da IES LM-83 (IESNA, 2012),

recomendada pela INI-C (INMETRO, 2021), onde o programa computacional deve permitir a modelagem e operação de persianas e cortinas conforme determinado algoritmo apresentado na norma.

Como sugestão para pesquisas futuras, mostra-se interessante comparar a execução de simulação de luz natural no *Revit* (*Autodesk*) com o *ClimateStudio* como *plug-in* integrado, visto que a empresa *Solemma* expandiu a interoperabilidade da ferramenta com o *software* BIM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CINTRA, Milena Sampaio. ARQUITETURA E LUZ NATURAL – A INFLUENCIA DA PROFUNDIDADE DE AMBIENTES EM EDIFICACOES RESIDÊNCIAS. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Disponível em: file:///C:/Users/mloro/Downloads/2011_MilenaSampaioCintra.pdf. Acesso em: 20 jun. 2023.

CHONG, Heap Yih; LEE, Cen Ying; WANG, Xiangyu. A mixed review of the adoption of Building Information Modelling (BIM) for sustainability. **Journal of Cleaner Production**, [*s. l.*], v. 142, p. 4114–4126, 2017. Disponível em: https://espace.curtin.edu.au/bitstream/20.500.11937/31646/2/247613.pdf. Acesso em: 13 abr. 2023.

CRIPPA, Julianna *et al.* SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DE ILUMINAÇÃO NATURAL EM PROJETOS DE EDIFÍCIOS SUSTENTÁVEIS DESENVOLVIDOS EM BIM: AVALIAÇÃO DE DUAS FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA A PRÁTICA DE MERCADO. *Em*: , 2021, Palmas. (Julianna Crippa *et al*., Org.). **XVI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído/ XII Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído**. Palmas: Even3 - R. Sen. José Henrique, 231 - Sala 509 - Ilha do Leite, Recife - PE, 2021. p. 1793–1802. Disponível em: https://www.even3.com.br/anais/encac2021/337403-adequabilidade-dos-metodos-de-avaliacao-de-conforto-termico-propostos-na-revisao-da-nbr-16401-2-a-partir-de-dado/. Acesso em: 13 abr. 2023.

EASTMAN, Chuck *et al.* **BIM handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. 3. ed. Hoboken: Wiley, 2018. *E-book*. Disponível em: https://www.wiley.com/en-br/BIM+Handbook%3A+A+Guide+to+Building+Information+Modeling+for+Owners%2C+Designers%2C+Engineers%2C+Contractors%2C+and+Facility+Managers%2C+3rd+Edition-p-9781119287551. Acesso em: 14 dez. 2022.

GHAFFARIANHOSEINI, Ali *et al.* Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [*s. l.*], v. 75, p. 1046–1053, 2017. Disponível em:http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.083 . Acesso em: 13 abr. 2023.

GHOBAD, Ladan. DAYLIGHTING AND ENERGY SIMULATION WORKFLOW IN PERFORMANCE-BASED BUILDING SIMULATION TOOLS. Em: https://www.ashrae.org/File%20Library/Conferences/Specialty%20Conferences/2018%20Building%20Performance%20Analysis%20Conference%20and%20SimBuild/Papers/C053.pdf. , 2018, Chicago. BUILDING PERFORMANCE ANALYSIS CONFERENCE AND SIMBUILD. Chicago: [s. n.], 2018. p. 382–389.

IESNA, ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. **IES Lighting Measurements (LM) 83-12, Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE) | U.S. Green Building Council**. New York, 2012. Disponível em: https://www.usgbc.org/resources/ies-lighting-measurements-lm-83-12-approved-method-ies-spatial-daylight-autonomy-sda-and. Acesso em: 13 abr. 2023.

INMETRO, INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Instrução Normativa INMETRO para a classificação de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas. Anexo da Portaria INMETRO Nº 42/2021**. Brasília, 2021. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/legislacao. Acesso em: 13 abr. 2023.

MACEDO, Sheila Cristina Krüger. A METODOLOGIA BIM APLICADA AO CONFORTO AMBIENTAL NAS EDIFICAÇÕES: UM ESTUDO DESCRITIVO. 2021. Dissertação de Mestrado. Instituto Federal do Espírito Santo. Disponível em: https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/756/Artigo_Sheila%20Macedo_Folha%20Aprov.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 20 jun. 2023.

MEEK, Christopher; WYMELENBERG, Kevin Van Den. **Daylighting and Integrated Lighting Design**. London: Routledge,2015.

MIRI, Majid; ASHTARI, Elmira. The Applicability of a Newly Developed Revit Add-in for Architects and Urban Designers When Doing Daylight Study from Early Stages to the End of Architectural/Urban Design. *Em*: , 2019. **Anais [...]**. [*S. l.: s. n.*], 2019. p. 9. Disponível em: http://www.diva-portal.org. Acesso em: 13 abr. 2023.

OLIVEIRA, Lacyane Krysna dos Santos et al. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA UMA ARQUITETURA SUSTENTÁVEL. HOLOS, [s. l.], v. 4, p. 217–230, 2016. Disponível em: https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/3981/1526. . Acesso em: 13 abr. 2023.

RENHART, christoph**. Daylighting Handbook I. Fundamentals - Design with the sun.** USA, Ria Stein, 2014.

RUIVO, Roseana Bonotto; FERNANDES, Tatiane Ballerini; CORREA, Celina Maria Britto. ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO NATURAL NO FORO DA COMARCA DE PELOTAS-RS. *Em*: , 2018. **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**. [*S. l.: s. n.*], 2018. p. 671–679. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1397. Acesso em: 13 abr. 2023.

SILVA, Fabiana Dias da; SALGADO, Mônica Santos. The use of FTA to evaluate the potential of BIM platform in building rehabilitation. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 3, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319938993_The_use_of_FTA_to_evaluate_the_potential_of_BIM_platform_in_building_rehabilitation. Acesso em: 21 abr. 2023.