XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE ILUMINAÇÃO NATURAL: ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO ENTORNO, VIDROS E REVESTIMENTOS INTERNOS

Amanda da Cunha Figueira (1); Bianca de Andrade Krai (2); Maria Fernanda de Oliveira (3)
(1) Engenheira Civil, aluna da Pós-Graduação em Patologia e Desempenho das Construções da Unisinos, eng.acfigueira@gmail.com, (51) 99607 9507
(2) Engenheira Civil, aluna da Pós-Graduação em Patologia e Desempenho das Construções da Unisinos, biancakrai.eng@hotmail.com, (51) 30364510
(3) Dra., Coord. PPG ArqUr e Pesquisadora do itt Performance da Unisinos, mariaon@unisinos.br, (51) 35808887

RESUMO
Com a necessidade de adequação dos ambientes construídos à Norma de Desempenho, houve um avanço dos estudos nacionais na referida área, tendo a iluminação natural um importante papel em locais de permanência prolongada em ambientes residenciais. Nesta linha, este trabalho tem como objetivo analisar o desempenho lumínico natural de um ambiente com predominância de esquadrias em vidro de um residencial de múltiplos pavimentos, na cidade de Novo Hamburgo/RS. Foram analisadas a sala de estar, jantar e cozinha em três pavimentos distintos, verificando a interferência do sombreamento causado pelas edificações lindeiras. Os valores de iluminância foram obtidos por meio de simulação computacional utilizando o *software* Relux, após importação do *software* Revit. As edificações vizinhas foram modeladas diretamente no *software* Relux. As simulações foram realizadas em horário e data específico, conforme preconiza a norma de desempenho de edificações ABNT NBR 15575-1:2013, sendo comparado ainda a influência da tonalidade dos revestimentos internos e do fator de transmitância do vidro da fachada. As simulações mostraram que a maior parte dos resultados obtidos se enquadram no nível superior da norma de desempenho. Entretanto, nota-se que em alguns ambientes há um excesso de iluminação, o que pode gerar um desconforto visual pelo contraste excessivo e dificuldade de permanência no ambiente por longo tempo. Desta forma, conclui-se que o sistema com revestimentos escuros e vidro com baixo fator de transmitância é o sistema ideal para utilização em todos os pavimentos deste estudo de caso.
Palavras-chave: desempenho lumínico; iluminância; simulação; ofuscamento.

ABSTRACT
With the need to adapt built environments to the performance standards, there have been advances in the national studies inside the field, with natural lighting having an important role in areas of prolonged permanence in residential environments. In this line of thought, this article aims to analyse the natural lighting performance of an environment constituted primarily by glass openings in a multi-floor building, located in the city of Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul. It was analyzed the environment which comprises the living room, dining room and kitchen, on three distinct floors, making it possible to evaluate the interference of the shadowing projected by the neighboring buildings. The illuminance values were obtained through computational simulation generated by the software Relux, after importing the project from the software Revit. The neighboring buildings were modeled directly in the software Relux. The simulations were performed at specified times and dates, as advocates the Performance Standard for buildings ABNT NBR 15575-1:2013, being also compared the influence of the tonality of the internal coatings and the factor of transmittance of the facade glass. The aforementioned simulations show that the vast majority of the results fit the Superior Performance level of the Performance Standard. On the other hand, it can be noted that in some environments, there is an excess of brightness which can generate visual distress due to the excessive contrast and difficulty for staying in the environment for longer periods of time. Therefore, it can be concluded that the system with dark coating and glass with low percentage of transmittance is the ideal for every floor.
Keywords: Lighting Performance; Daylighting; Simulations; Dazzling.

1. INTRODUÇÃO

A iluminação natural dos ambientes vem sendo aproveitada nos projetos arquitetônicos recentes, visando benefícios aos usuários e valorização dos elementos do projeto. Entretanto, esses ainda são elaborados sem conexão com o projeto elétrico e de desempenho térmico, desperdiçando o benefício da eficiência energética. (SANTOS, 2014). Lamberts, Dutra e Pereira (2014), ainda citam que a correta utilização dos elementos do projeto de arquitetura para obter a iluminação adequada e compatibilização com os desempenhos térmicos e acústicos é o que se espera de um profissional diferenciado.

A iluminação natural é originária do ambiente externo e pode incidir de forma direta ou indireta (ABNT, 2013a). Ela depende do fluxo luminoso recebido sobre a superfície de determinada área interna (SANTOS, 2014). Já o sombreamento pode ocorrer por proximidade de edificações vizinhas ou de elementos arquitetônicos, e todas estas situações e elementos devem ser considerados no momento de uma simulação ou medição. (ABNT, 2013a).

Para Danieleski *et al.* (2018), revestimentos com acabamentos diferentes influenciam no resultado da refletância, mesmo com materiais de igual cor. Assim sendo, a autora indica a necessidade da inclusão da textura dos revestimentos nas simulações para a obtenção de resultados mais assertivos.

Além dos níveis de iluminação mínimos dos ambientes para realização de atividades visuais, outro fator importante é a uniformidade da iluminação que se obtém através do quociente da iluminância mínima pela média de cada ambiente. Nesta análise, os resultados próximos de 0,4 são considerados adequados; em resultados inferiores a 0,2 pode haver desconforto visual, devido à variação excessiva da iluminação. (SANTOS, 2014).

Alterações de iluminação ligeiramente rápidas, brilho intenso, contraste excessivo ou olhar diretamente para fonte de luz podem causar desconforto visual, designado como “ofuscamento”. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Santos (2014), chama de “ofuscamento incapacitador”, quando a iluminação excessiva impede a realização de alguma tarefa. Já quando há apenas incômodo ao usuário, chama de “ofuscamento desconfortável”.

Ofuscamento é a sensação visual produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão, luminâncias excessivas ou contrastes que podem prejudicar a visualização dos objetos (NBR ISO/CIE 8995-1, 2013). É uma ánalise ainda subjetiva e com poucos recursos para avaliação ou medição, o ofuscamento é ainda a situação mais complexa de uma avaliação de iluminação natural. (VÁSQUEZ, N.G.; *et al*, 2016).

Os parâmetros estabelecidos pelas normas e diversas pesquisas que são referêciais, podem evitar que distorções ocorram. Mas, não existe uma receita única que concentre todas as necessidades para o ambiente adequado. (BECK, 2016).

Nas últimas décadas, *softwares* e *plugins* foram desenvolvidos afim de facilitar a simulação de iluminação natural e artificial. As ferramentas têm interfaces intuitivas e possibilitam importação de outros softwares ou a modelagem em 3D na própria plataforma, assim como inclusão de mobiliários, objetos de decoração e renderização, sendo conveniente para arquitetos. (YU, *et al*, 2014; MAAMARI, *et al*, 2006).

O CIE (*Commission Internationale de L’eclairage*), definiu um conjunto de testes, baseados em dados de referência analiticamente calculados, para aferir a precisão de softwares de simulação, podendo reduzir as incertezas dos resultados. A partir destas definições, em 2006 uma análise foi realizada utilizando 32 diferentes cenários, aplicando os parâmetros do CIE e como ferramenta os softwares Lightscape 3.2 e Relux Professional 2004. Neste estudo os resultados do software Relux foram de forma geral satisfatórios, com alta precisão em diferentes aspectos dos testes realizados. (MAAMARI, *et al*, 2006).

2. OBJETIVO

O objetivo geral do trabalho é analisar o desempenho lumínico natural de um ambiente de um residencial de múltiplos pavimentos, na cidade de Novo Hamburgo/RS, utilizando de simulação computacional, com a análise da influência do entorno, do vidro utilizado na envoltória e das diferentes características das superfícies internas.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em três etapas principais:

1. Definição do objeto de estudo.
2. Critérios utilizados para analisar o objeto.
3. Indicação dos *softwares* utilizados para as simulações.

3.1. Objeto de estudo

O objeto de estudo consiste em um residencial de alto padrão e múltiplos pavimentos com uma unidade habitacional por pavimento, e fachada norte com predominância de esquadrias de vidro. O empreendimento está inserido em um terreno central em relação à quadra e possui edifícios vizinhos, próximos e com diferentes alturas. Estas edificações foram modeladas a fim de verificarmos a influência na iluminância dos ambientes em diferentes pavimentos. Foram considerados para a simulação apenas os dois edifícios vizinhos mais próximos do ambiente a ser analisado e para a análise do ambiente foram considerados os pavimentos 1º, 11º e 22º, conforme indica a Figura 1.

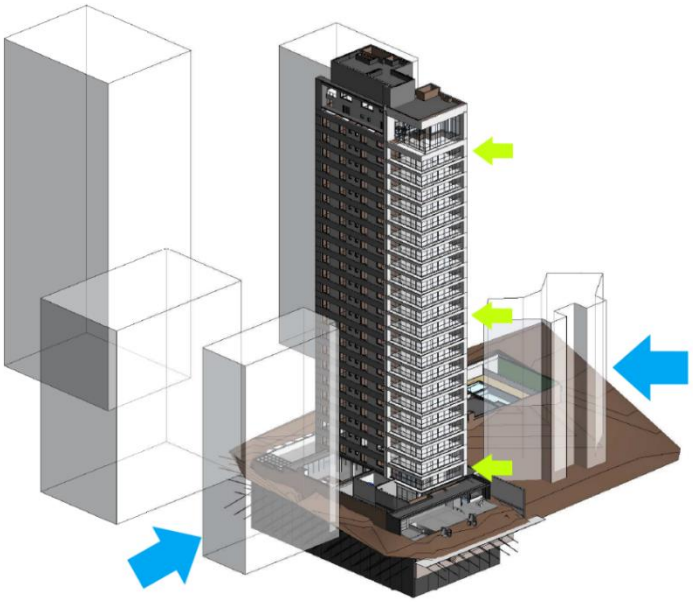


Figura 1 – Vizinhos considerados e pavimentos analisados.

Foram selecionados estes três pavimentos para a análise devido à influência do entorno. O primeiro pavimento sofre com sombreamento dos dois vizinhos, o décimo primeiro pavimento sofre apenas sombreamento do vizinho esquerdo e o vigésimo segundo pavimento, que é o último pavimento tipo, está acima dos lindeiros mais próximos recebendo insolação direta tanto nas salas quanto na cozinha. O ambiente analisado nestes pavimentos consiste em sala de estar, sala de jantar e cozinha. No projeto, estes três ambientes são integrados, conforme pode ser observado na Figura 2

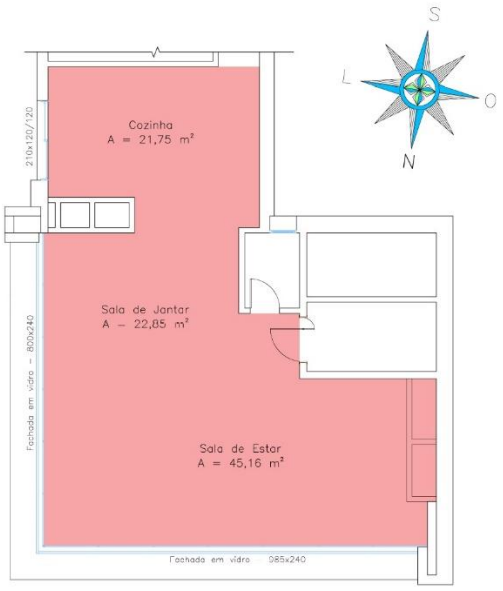


Figura 2 – Dimensões do ambiente em análise

As unidades são entregues aos clientes sem mobília, mas com todos os revestimentos de acabamento, como revestimentos cerâmicos de piso e parede, forro em gesso e pintura finalizados. As paredes externas da sala de estar e jantar são compostas por uma esquadria em formato de fita, com abertura inteira do piso até a viga superior, com folhas em vidro de correr que permitem a abertura completa da janela. Para a segurança dos ocupantes, possui um guarda-corpo de vidro incolor e distante 60cm da fachada, que não foi considerado para as simulações. A cozinha possui uma janela de 2,10 m de largura por 1,20 m de altura e peitoril de 1,20 m. Ambas esquadrias são entregues aos proprietários sem persianas e sem cortinas.

3.2 Critérios de análise

Para avaliar o desempenho lumínico natural, utilizou-se a ABNT NBR 15575:2013, que estabelece valores mínimos para classificação de desempenho, conforme Tabela . Conforme orientado por esta norma, na parte 1, as simulações devem ser realizadas para os dias 23 de abril e 23 de outubro, nos períodos da manhã e tarde, respectivamente às 9h30 e 15h30, com céu parcialmente encoberto, estas características estabelecem um dia condições intermediárias e que tem maior frequência durante o ano em todas as regiões do país. As informações de latitude, longitude, fuso horário e ângulo do norte também devem ser previamente definidas conforme a localização do empreendimento. As simulações foram realizadas considerando janelas e portas fechadas e a iluminância foi medida no ponto do centro geométrico do ambiente, considerando a malha de medições no plano de referência horizontal a 75 cm do piso (ABNT, 2013a).

Tabela 1 – Níveis de iluminamento natural

Iluminamento geral para os níveis de desempenho (lux)			
Dependência	Mínimo	Intermediário	Superior
Sala de estar, copa/cozinha e área de serviço	≥60	≥90	≥120

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15575-1:2013

A NBR ISO/CIE 8995 (ABNT, 2013) indica faixas de valores de refletância dos sistemas de piso, parede e forro. De acordo com a norma, superfícies de piso devem apresentar entre 10% e 50%, o teto entre 60% e 90% e as paredes entre 30% e 80%.

Os acabamentos internos do empreendimento não estão definidos ou detalhados em projeto, conforme informação da construtora. Portanto, foram realizadas simulações considerando os limites máximos indicados pela NBR ISO/CEI 8995 (2013) para as refletâncias úteis das superfícies internas (parede, piso e teto) na simulação 01 e 02. Já para os vidros foi possível verificar o relatório técnico do fabricante e foi escolhido o vidro com menor transmitância para a sala nas simulações 02 e 03. Na cozinha manteve-se vidro incolor em todas as simulações, pois do 1º ao 10º pavimento há sombreamento dos vizinhos o que poderia prejudicar ainda mais a iluminação da cozinha. As definições de refletâncias utilizadas nas simulações podem ser observadas na Tabela .

Tabela 2 – Refletâncias utilizadas nos estudos

Situação	**Refletância %**			**Vidro Sala (%)**	
	Piso	**Forro**	**Paredes**	**Fator Solar**	**Transmissão**
Simulação 01 - Revestimento Claro + Vidro Comum	50	90	80	90	90
Simulação 02 - Revestimento Claro + Vidro Insulado	50	90	80	48	47
Simulação 03 - Revestimento Escuro + Vidro Insulado	10	60	30	48	47
Simulação 04 - Revestimento Escuro + Vidro Comum	10	60	30	90	90

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Nas simulações 03 e 04 optou-se por escurecer apenas algumas paredes do ambiente, conforme destacado na Figura 3, utilizando uma cor com refletância de 30%, sendo o limite mínimo indicado pela NBR ISO/CEI 8995. O escurecimento destas paredes diminui a reflectância das superfícies interiores, contrapondo a iluminação que incide pela esquadria.

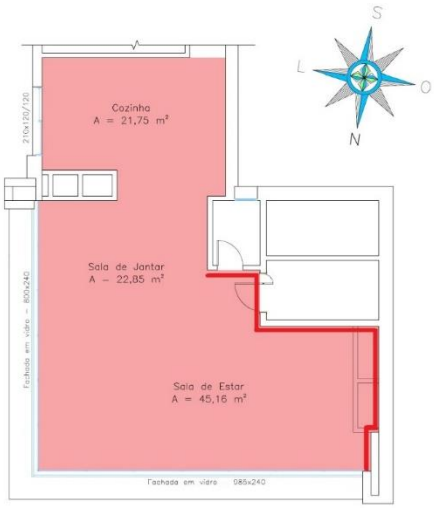


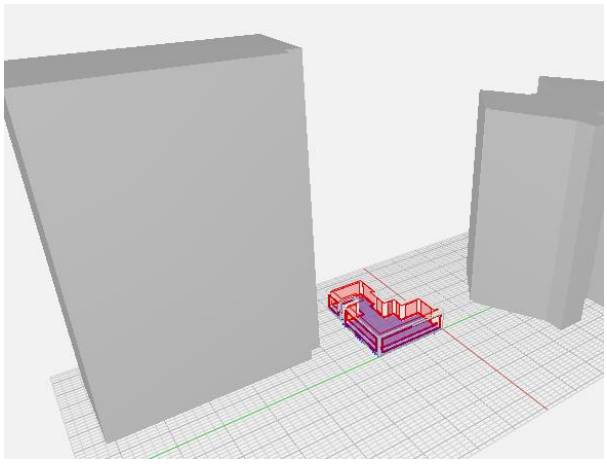
Figura 3 – Paredes com revestimento escuro

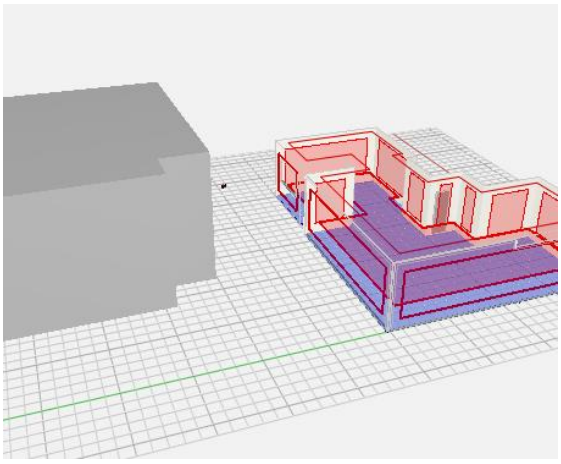
3.3 Simulações

Para realizar as simulações foi utilizado o *software Relux Desktop* para critérios de análise conforme preconiza a NBR 15575-1:2013.

A partir do plugin *ReluxCAD for Revit* no *software Revit* versão 2019, a planta baixa do empreendimento foi exportada em formato .xml para ser manipulada no *Relux*. Porém, antes da exportação, foi necessário identificar a sala de estar, jantar e cozinha como um único ambiente, excluindo os revestimentos e mobiliários previamente inseridos no projeto.

Não foi possível exportar os prédios vizinhos do modelo Revit para o *Relux*, portanto foi necessária sua modelação novamente em formato de bloco diretamente no *software* de simulação. Apesar do projeto ter sido exportado de forma integral do *Revit* para o *Relux*, o segundo não reconhece a altura do pavimento que está sendo analisada. Ao selecionar um pavimento é realizada a simulação considerando que a planta está no plano de referência padrão. Portanto, para simular a situação real dos pavimentos 1º, 11º e 22º, foram alteradas as alturas dos vizinhos, conforme pode ser observado na Figura - 7.


Figura 4 – 1º pavimento tipo


Figura 5 – 11º pavimento tipo

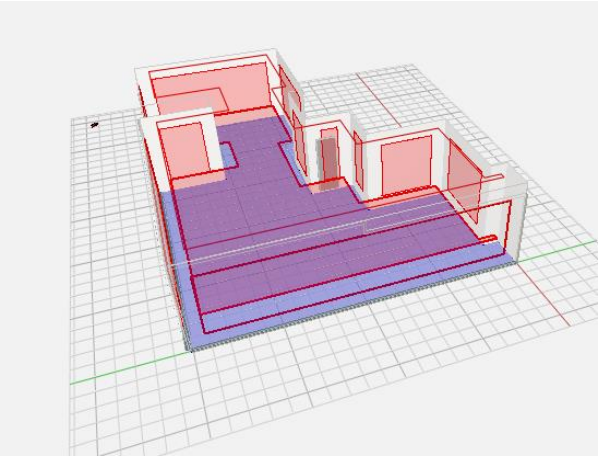


Figura 6 – 22º pavimento tipo

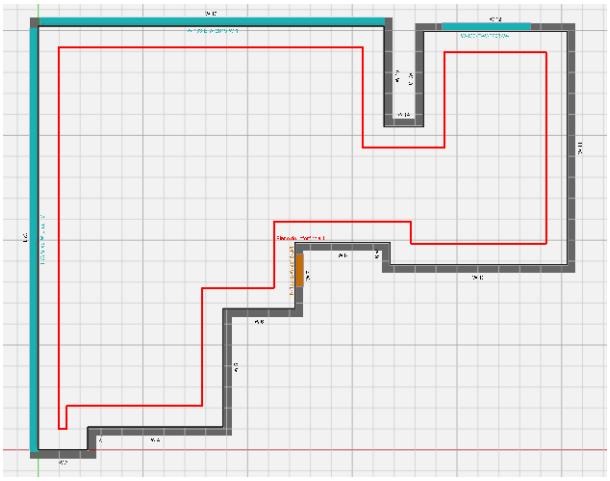


Figura 7 – Planta baixa tipo analisada

As fachadas dos vizinhos que fazem sombreamento sobre o empreendimento, possuem cores mistas e estas não foram detalhadas no modelo. Como todas as cores possuem tonalidades aproximadas, manteve-se 50% de refletância como padrão para todas as fachadas.

Com o modelo definido e com todas as configurações ajustadas, pode-se iniciar o cálculo das simulações. Esta análise prevê 04 situações com refletâncias internas distintas, verificação em 3 pavimentos e nos 04 horários estabelecidos pela NBR 15575:2013, dias 23 de abril e 23 de outubro, às 9h30 e 15h30, resultando em 48 simulações através do *software* Relux. Cada simulação realizada, resulta em um relatório com todas as informações de projeto e cálculo. Para este estudo, foram analisados as medições no plano horizontal de referência e os valores de iluminância mínima, média e máxima.

4. RESULTADOS

A NBR 15575/2013 estabelece requisitos Mínimo, Intermediário e Superior para a iluminação natural, conforme Tabela . Os resultados de todas as simulações realizadas neste estudo de caso, considerando o centro geométrico do ambiente, se encontram na Tabela . Os valores grifados em verde atingiram o desempenho Superior. Já os valores em amarelo atingem desempenho Intermediário. Entretanto, nota-se que os resultados Intermediários representam os pavimentos 1º à 10º, que sofrem interferência do sombreamento de dois empreendimentos vizinhos.

Tabela 3 – Iluminância resultante classificada conforme NBR 155575.

1° Tipo	23 de abril - 9h30			
Simulação	1	2	3	4
Máx (lux)	3190	1140	826	2760
Resultado	813	314	119	408
Mín (lux)	124	103	40	88

11° Tipo	23 de abril - 9h30			
Simulação	1	2	3	4
Máx (lux)	4050	1350	1090	3590
Resultado	940	351	152	419
Mín (lux)	146	143	86	132

22° Tipo	23 de abril - 9h30			
Simulação	1	2	3	4
Máx (lux)	4160	1400	1140	3760
Resultado	1110	376	173	585
Mín (lux)	236	158	102	162

1° Tipo	23 de abril - 15h30			
Simulação	1	2	3	4
Máx (lux)	2960	957	767	2560
Resultado	755	247	111	379
Mín (lux)	115	57	38	82

11° Tipo	23 de abril - 15h30			
Simulação	1	2	3	4
Máx (lux)	3850	1260	1010	3340
Resultado	957	327	141	472
Mín (lux)	189	133	80	122

22° Tipo	23 de abril - 15h30			
Simulação	1	2	3	4
Máx (lux)	3860	1300	1060	3500
Resultado	1040	349	161	545
Mín (lux)	219	146	95	150

1° Tipo	23 de outubro - 9h30			
Simulação	1	2	3	4
Máx (lux)	4640	1660	1200	4010
Resultado	1180	455	176	594
Mín (lux)	183	152	59	129

11° Tipo	23 de outubro - 9h30			
Simulação	1	2	3	4
Máx (lux)	5900	1970	1580	5230
Resultado	1370	509	221	737
Mín (lux)	213	208	124	192

22° Tipo	23 de outubro - 9h30			
Simulação	1	2	3	4
Máx (lux)	6060	2040	1650	5480
Resultado	1620	549	253	851
Mín (lux)	343	230	149	235

1° Tipo	23 de outubro - 15h30			
Simulação	1	2	3	4
Máx (lux)	3970	1280	1030	3440
Resultado	1010	331	148	509
Mín (lux)	157	78	50	110

11° Tipo	23 de outubro - 15h30			
Simulação	1	2	3	4
Máx (lux)	5160	1680	1360	4480
Resultado	1190	438	190	632
Mín (lux)	253	178	107	164

22° Tipo	23 de outubro - 15h30			
Simulação	1	2	3	4
Máx (lux)	5180	1750	1420	4690
Resultado	1390	468	216	728
Mín (lux)	293	197	127	201

Fonte: Elaborado pelas autoras.

É possível analisar na Figura – 11 que as simulações realizadas em outubro resultam em valores mais elevados de iluminância, porém a diferença entre as simulações realizadas na parte da manhã e na parte da tarde, em um mesmo dia, é ligeiramente menor.

Nota-se também a interferência das construções no entorno, sendo o 1º pavimento tipo a situação com sombreamento de dois empreendimentos vizinhos e pavimento 22º que não sofre sombreamentos do entorno, com aproximadamente 27% mais iluminação incidente no ambiente.

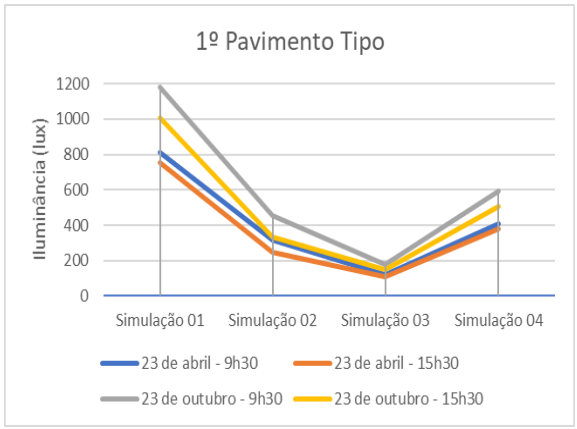


Figura 8 – 1º Pavimento Tipo

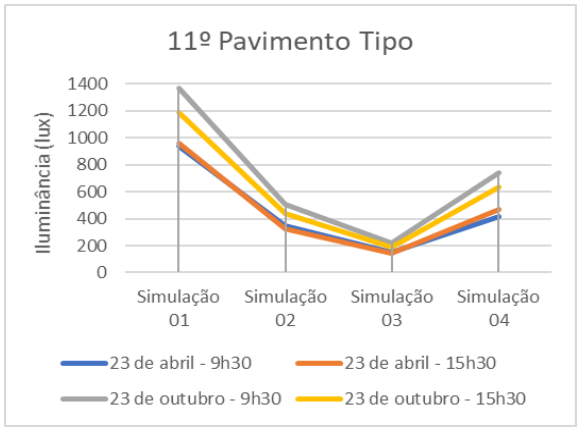


Figura 9 – 11º Pavimento tipo

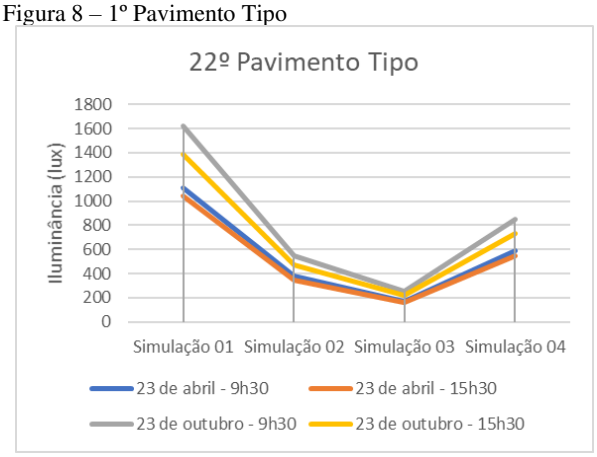


Figura 10 – 22º pavimento tipo

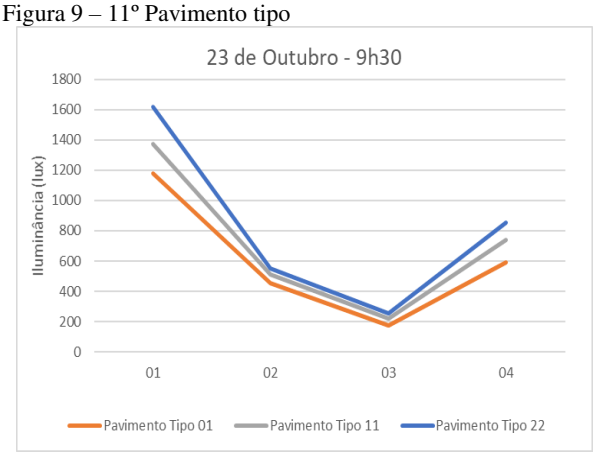


Figura 11 – Resumo dos resultados

É muito evidente nos gráficos que as definições para a Simulação 01 resultaram em uma iluminância elevada, entretanto a diferença para a simulação 02 é apenas o vidro, de incolor para insulado, resultando em uma diminuição de aproximadamente 64% na iluminância do ambiente. A simulação 03 que além de vidro insulado conta com algumas paredes com revestimentos com menor refletância, se aproxima do valor ideal 120 lux, conforme a NBR 15575-1.

Todavia, nem sempre valores altos de iluminância natural significam um ambiente confortável a adequado à determinadas atividades visuais. Estudos realizados através de questionários aplicados a usuários em ambientes comerciais com utilização de computadores identificaram 2000 lux como limite tolerável (MARDALJEVIC, J; NABIL, A., 2006 *apud* DANIELESKI *et al.*, 2018). Entretanto, Danieleski *et al.* (2018), em seu estudo com residenciais multifamiliares, adotou 3000 lux como limite tolerável, considerando que acima deste valor, além de desconforto visual, também apresenta desconforto térmico.

Leal e Leder (2018) em seu estudo que selecionou um recorte urbano de residenciais multifamiliares no município de João Pessoa/PB, utilizou os indicadores de iluminância útil (UDI) e iluminância excessiva (eUDI) para sua análise e como limite tolerável também empregou 3000 lux.

Utilizando-se dos parâmetros de análise já explicitados, a Tabela indica os valores máximos registrados em cada simulação. Os resultados superiores a 3000 lux estão grifados em vermelho, já os resultados superiores a 2.500 lux estão grifados em rosa claro.

Na mesma tabela, apresentam-se os valores de uniformidade da iluminação (iluminação mínima pela média), onde os resultados inferiores a 0,2, grifados em vermelho, podem gerar desconforto visual, conforme Santos (2014), e ainda em amarelo estão grifados os valores situados entre 0,2 e 0,3.

Tabela 4 – Iluminância máxima

1° Tipo	23 de abril - 9h30			
Simulação	01	02	03	04
Máx (lux)	3190	1140	826	2760
Mín/Médio (lux)	0,15	0,33	0,34	0,22

11° Tipo	23 de abril - 9h30			
Simulação	01	02	03	04
Máx (lux)	4050	1350	1090	3590
Mín/Médio (lux)	0,16	0,41	0,57	0,32

22° Tipo	23 de abril - 9h30			
Simulação	01	02	03	04
Máx (lux)	4160	1400	1140	3760
Mín/Médio (lux)	0,21	0,42	0,59	0,28

1° Tipo	23 de abril - 15h30			
Simulação	01	02	03	04
Máx (lux)	2960	957	767	2560
Mín/Médio (lux)	0,15	0,23	0,34	0,22

11° Tipo	23 de abril - 15h30			
Simulação	01	02	03	04
Máx (lux)	3850	1260	1010	3340
Mín/Médio (lux)	0,20	0,41	0,57	0,26

22° Tipo	23 de abril - 15h30			
Simulação	01	02	03	04
Máx (lux)	3860	1300	1060	3500
Mín/Médio (lux)	0,21	0,42	0,59	0,28

1° Tipo	23 de outubro - 9h30			
Simulação	01	02	03	04
Máx (lux)	4640	1660	1200	4010
Mín/Médio (lux)	0,16	0,33	0,34	0,22

11° Tipo	23 de outubro - 9h30			
Simulação	01	02	03	04
Máx (lux)	5900	1970	1580	5230
Mín/Médio (lux)	0,16	0,41	0,56	0,26

22° Tipo	23 de outubro - 9h30			
Simulação	01	02	03	04
Máx (lux)	6060	2040	1650	5480
Mín/Médio (lux)	0,21	0,42	0,59	0,28

1° Tipo	23 de outubro - 15h30			
Simulação	01	02	03	04
Máx (lux)	3970	1280	1030	3440
Mín/Médio (lux)	0,16	0,24	0,34	0,22

11° Tipo	23 de outubro - 15h30			
Simulação	01	02	03	04
Máx (lux)	5160	1680	1360	4480
Mín/Médio (lux)	0,21	0,41	0,56	0,26

22° Tipo	23 de outubro - 15h30			
Simulação	01	02	03	04
Máx (lux)	5180	1750	1420	4690
Mín/Médio (lux)	0,21	0,42	0,59	0,28

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Novamente nota-se a influência do sombreamento no primeiro pavimento, registrando cenários com muito contraste na incidência de iluminação, principalmente para simulação 01. A cozinha do 1º pavimento é a área do ambiente mais próxima do empreendimento vizinho, como pode ser visto nas Figuras 4 e 5, portanto o maior sombreamento está nesta região.

Mesmo o pavimento 22º que não sofre com sombreamentos, no diagrama de cores falsas, da Figura 12, podemos observar que a cozinha tem menor insolação, devido a orientação solar do empreendimento, e esta é a região responsável pela falta de uniformidade de iluminância no ambiente em todas as simulações.

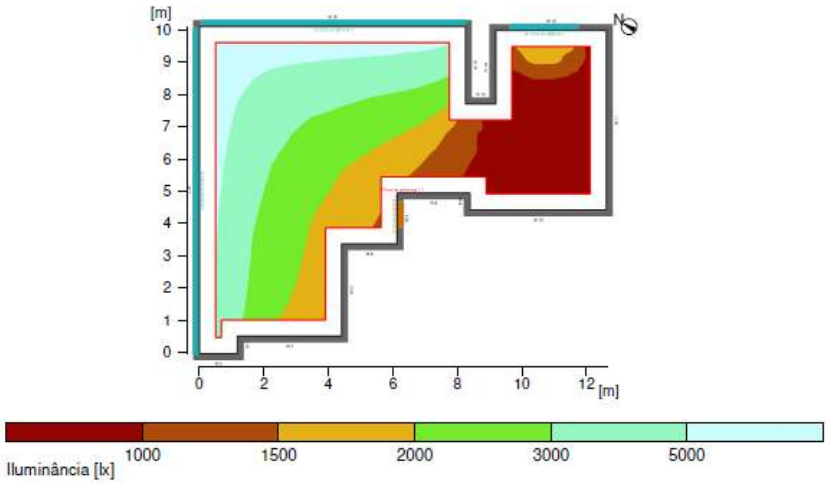


Figura 12 – Resumo de resultados - 22º pavimento 9h30min 23 out, simulação 01

A análise Tabela mostra que, apesar da Simulação 01 e Simulação 04 apresentarem os valores mais altos de iluminância natural, isto não significa que o ambiente será confortável, pois a maior parte das paredes externas do ambiente em análise é composta por esquadrias de vidro, o que indica que a permanência por tempo prolongado neste recinto, considerando as Simulações 01 e 04, não será confortável aos usuários, podendo causar ofuscamento, portanto utilização de vidro incolor neste empreendimento não é adequado.

5. CONCLUSÕES

A maior parte dos estudos na área de iluminação natural visa analisar sistemas, aberturas e cores que possam melhorar a iluminação natural e a reflectância do ambiente. O empreendimento em análise no presente estudo apresenta edificações em seu entorno que geram sombreamento e falta de uniformidade da iluminação, e ainda assim, há um excesso de iluminação na maior parte do ambiente analisado.

O projeto foi exportado do *software* Revit para o Relux, mas os empreendimentos vizinhos tiveram que ser novamente modelados e o Relux apenas reconheceu o pavimento inserido na malha de referência. Em tempos de projetos em BIM (*Building Information Modeling*) e *softwares* cada vez mais integrados, para que se possa compatibilizar os modelos e informações, neste sentido o software Relux deixa a desejar.

Foram simulados no *software* Relux 04 situações no dia 23 de abril e 23 de outubro, nos horários de 9h30min e 15h30min, em 03 pavimentos distintos, totalizando 48 simulações. As condições pré-estabelecidas pela NBR 15575-1:2013 para realizar as simulações, pressupõe estações do ano amenas e céu parcialmente encoberto, limitando a possibilidade de simular uma situação real de determinada localidade e excluindo da análise as condições extremas do clima e períodos do ano. Portanto, os resultados encontrados e analisados apenas ocorrem em alguns períodos do ano.

As simulações de outubro mostraram uma maior iluminação e valores máximos que extrapolaram 6000 lux, no 22º pavimento e com indicador de uniformidade muito próximo de 0,2 no mesmo cenário. Apesar de não ser a resultante de iluminância do ambiente, o direcionamento visual para a área com esta medição gera desconforto visual. Um ambiente projetado para ser integrado (cozinha, sala de jantar e estar), prevê que o ocupante permaneça por maior tempo, executando diversas tarefas no mesmo ambiente, portanto os valores encontrados para as simulações 01 e 04, não são adequados.

De acordo com classificação da ABNT NBR 15575:2013, o pavimento Tipo 01 apresenta Desempenho Intermediário nas Simulações 03 no período de abril, uma vez que sofre sombreamento das duas edificações vizinhas, conforme apresentado na Tabela . Mas no restante das configurações simuladas, os resultados obtidos atendem ao Desempenho Superior estabelecido por norma e mostram valores que indicam uma melhor uniformidade da iluminância no ambiente.

Por fim, conclui-se que a melhor opção de materiais para os ambientes analisados visando o desempenho e conforto lumínico para os usuários das unidades habitacionais é a aplicação de materiais de acabamento de piso, paredes e forro com valores de refletância, conforme Tabela , para Simulação 03, e aplicação de vidro insulado nas esquadrias da sala de estar e sala de jantar.

No projeto arquitetônico inicial, apesar de não ter as especificações de revestimentos definidas, a intenção da construtora era a utilização de revestimentos claros, nas paredes, forros e pisos. Entretanto, após a análise deste trabalho, foi recomendado à Construtora a utilização de revestimentos de piso com 10% de reflectância, paredes indicadas na Figura 3 com 30% e forro com 60%. Ainda assim, recomenda-se que seja indicado no manual do proprietário a importância das definições adotadas e o esclarecimento de que alterações realizadas posteriormente pelo usuário podem impactar no conforto lumínico do ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 15575-1** – Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO/CIE 8995**: Iluminação de Ambientes de Trabalho. Rio de Janeiro, 2013b.

BECK, Elisa de Oliveira. **Desempenho luminoso e energético de LEDs para reformas de sistemas de iluminação de ambientes de escritório**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, SC, 2016.

Commission Internationale de l'Eclairage (cie). **CIE 171:2006** - Test cases to assess the accuracy of lighting computer programs. ISBN 978-3-901906-47-3, Division 3.

COUTINHO, Mônica Sofia. **Avaliação das condições de iluminação natural através de simulações em modelos virtuais – O estudo de caso da reitoria da Universidade Nova de Lisboa**. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa. 2009.

DANIELESKI, Cristina Biazus. **Avaliação do desempenho lumínico de ambientes residenciais.** Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, São Leopoldo, RS, 2018.

DANIELESKI, Cristina Biazus; OLIVEIRA, Maria Fernanda de; MEDEIROS, Daniel Reis. **Avaliação do desempenho da luz natural em ambientes residenciais.** PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 10, p. e019012, mar. 2019. ISSN 1980-6809. DOI: https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8652735.

LABAYRADE, Raphaël; LAUNAY, Vincent. **Test cases to assess the accuracy of spectral light transport software**. 12th Conference of International Building Performance Simulation Association, Sydney, 2011.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na arquitetura**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

LEAL, L. de Q.; LEDER, S. M. **Iluminação natural e ofuscamento: estudo de caso em edifícios residenciais multipavimentos**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 97-117, out./dez. 2018.

MAAMARI, F.; FONTOYNONT, N.; ADRA, N. **Application of the CIE test cases to assess the accuracy of lighting computer programs**. Department of Civil Engineering and Buildings, France, 2006. ISSN 0378-7788. DOI: doi:10.1016/j.enbuild.2006.03.016.

SANTOS, Antônio José. **A iluminação natural nos edifícios – Uma perspectiva no âmbito do conforto ambiental e da eficiência energética.** Laboratório Nacional de Engenharia Civil – Divisão de divulgação científica e técnica. Lisboa, PT, ITE 57, 2014.

VÁSQUEZ, N.G.; PEREIRA, F. O. R.; MORAES, L. N.; PIRES, M. O. **Proposta de um procedimento alternativo para avaliar o ofuscamento: uma abordagem temporal da direção da visão**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 143-161, jan./mar. 2016. ISSN 1678-8621. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000100065

YU, Xu; SU, Yuehong; CHEN, Xin. **Application of RELUX simulation to investigate energy saving potential from daylighting in a new educational building in UK**. Institute of Sustainable Energy Technology, Department of Architecture and Built Environment, the University of Nottingham, University Park, UK, jan, 2014. ISSN 0378-7788. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.01.024