

Copyright (c) 2023 CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES



Este trabalho está licenciado sob uma licença [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Fonte:

<https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/3355>. Acesso em: 12 nov. 2024.

#### Referência

FIGUEIREDO, Chenia Rocha et al. Plano de gerenciamento de resíduos sólidos de um edifício em Brasília. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v. 16, n. 11, p. 28600-28618, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55905/revconv.16n.11-230>. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/3355>. Acesso em: 12 nov. 2024.

## **Validação do desempenho lumínico de um edifício habitacional em Brasília através de simulação computacional e de medições**

### **Validation of the lighting performance of a residential building in Brasília through computer simulation and measurements**

DOI:10.34117/bjdv8n8-263

Recebimento dos originais: 21/06/2022

Aceitação para publicação: 29/07/2022

#### **Chenia Rocha Figueiredo**

Doutorado em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília (UNB)

Instituição: Universidade de Brasília (PPG-FAU – UNB)

Endereço: Asa Norte, Brasília - DF, CEP 70904-970

E-mail: [chenia@unb.br](mailto:chenia@unb.br)

#### **Mariana Couto Cavalcanti**

Mestranda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília (PPG-FAU-UNB)

Instituição: Universidade de Brasília (PPG-FAU - UNB)

Endereço: Asa Norte, Brasília - DF, CEP: 70904-970

E-mail: [maricoutoc@gmail.com](mailto:maricoutoc@gmail.com)

#### **RESUMO**

O desempenho lumínico é uma exigência para a qualidade e o conforto dos usuários, almejando garantir saúde, melhorar a habitabilidade e a segurança, bem como diminuir o gasto de energia elétrica das edificações, tendo seus critérios estabelecidos na norma de desempenho NBR 15575:2013. Objetivando atender as exigências especificadas por norma, utilizou-se de simulações computacionais através do software ReluxPro e medições após a conclusão da edificação para avaliar o desempenho da luz natural em um edifício habitacional na cidade de Brasília. Os resultados indicaram que, pela agilidade e possibilidade de análise/definição prévia, as simulações computacionais são ferramentas importantes para o projeto, cumprindo as exigências da norma conforme observado em medições *in loco*, auxiliando na definição mais assertiva da escolha dos materiais construtivos para as condições climáticas propostas.

**Palavras-chave:** desempenho, iluminação, simulação computacional, estudo de caso.

#### **ABSTRACT**

The lighting performance is a requirement for the quality and comfort of users, aiming to guarantee health, improve habitability and safety, as well as reduce the consumption of electricity in buildings, having its criteria established in the performance standard NBR 15575:2013. In order to meet the requirements specified by the standard, computer simulations were used through the ReluxPro software and measurements after the completion of the building to evaluate the performance of natural light in a residential building in the city of Brasília. The results indicated that, due to the agility and possibility of analysis/previous definition, computer simulations are important tools for the project, fulfilling the requirements of the standard as observed in on-site measurements, helping

in the more assertive definition of the choice of construction materials for the conditions proposed climate.

**Keywords:** performance, lighting, computer simulation, case study.

## 1 INTRODUÇÃO

O projeto arquitetônico desempenha uma importante função por melhorar diferentes aspectos da edificação, buscando oferecer conforto aos usuários, reduzir o gasto energético a partir da utilização de fontes naturais, como a ventilação, iluminação, dentre outras medidas. Desta maneira, a análise prévia tem total importância para a definição do posicionamento da edificação, na escolha dos materiais e ainda das fontes de iluminação e ventilação.

O aproveitamento da iluminação natural é reconhecidamente uma importante estratégia para reduzir o consumo energético nas edificações, melhorar a qualidade dos ambientes e ampliar a sensação de bem-estar dos usuários (ABNT, 2005).

Para os projetos de iluminação natural devem ser analisadas as posições de aberturas, dos cômodos, posicionamento geográfico, cores e rugosidade das superfícies, interferências externas, além do tipo de envidraçamento da janela, bem como as suas dimensões. Segundo Fiuza e Claro (2009) os sistemas de iluminação natural interferem no comportamento ambiental, admitindo ou evitando não só a entrada de luz, como também alterando as trocas de ar, calor e som no ambiente. Toledo (2008) afirma que o uso eficiente da iluminação na arquitetura está condicionado ao estudo da disponibilidade da luz natural e à sua integração ao sistema de iluminação artificial.

De acordo com Stuchi e Barros (2022), é possível utilizar diversas ferramentas para potencializar a distribuição de iluminação natural dentro de um projeto como, por exemplo, o dimensionamento das aberturas e suas configurações em relação ao ambiente, quantidade de vãos generoso que possibilitem a entrada de luz natural, desde que não afetem o conforto térmico.

A percepção visual está diretamente relacionada à luz e estima-se que 70% da percepção humana ocorre de maneira visual (VIANNA; GONÇALVES, 2001). Atividades diferentes requerem distintos níveis de iluminação e a disposição dos ambientes, dimensão e localização das aberturas, bem como a refletância dos revestimentos são alguns fatores que interferem na qualidade da iluminação natural dos ambientes internos (KEELER; BURKE, 2010).

No Brasil, existem algumas normas que tratam de um ou mais aspectos da iluminação: a NBR 15215, a NBR ISO/CIE 8995-1 e a NBR 15575. A primeira aborda a iluminação natural em edificações e tem como objetivo informar métodos de cálculo e avaliação desse tipo de iluminação, para a etapa de projeto e para a avaliação da edificação construída (ABNT, 2005; ABNT, 2007). A segunda trata sobre iluminação em ambientes de trabalho e estabelece limites mínimos de iluminância no ambiente interior e na área de tarefa para determinados tipos de atividades, como as de escritório (ABNT, 2013). A terceira estabelece requisitos tanto para a iluminação natural, quanto para a artificial, definindo níveis mínimos de iluminância por ambiente e critérios de avaliação na etapa de projeto e na pós-ocupação, mas como informado anteriormente, é voltada apenas para habitações (ABNT, 2013).

Decorrente da relevância de uma eficiente iluminação para os ambientes a Norma de Desempenho NBR 15575-1:2013 - Edificações Habitacionais — Desempenho/ Parte 1: Requisitos gerais, que trás os parâmetros e requisitos de desempenho lumínico. Para se obter uma iluminação adequada devem ser feitos projetos lumínicos que analisem tanto a iluminação natural quanto a iluminação artificial, chegando as recomendações mínimas estabelecidas. A norma de desempenho aborda os níveis de desempenho (mínimo, intermediário ou superior) para atender o conforto dos usuários nas variadas questões, como conforto térmico, acústico e lumínico.

Os métodos indicados para a análise da iluminação natural, na norma, são o método de avaliação que utiliza o algoritmo abordado na NBR 15215-3:2004, que estabelece o procedimento de cálculo para a verificação da disponibilidade de iluminação natural em interiores para um ponto horizontal, utilizando a metodologia Daylight Factor. Também aborda o procedimento de medição in loco do fator de luz diurna utilizando o aparelho luxímetro portátil. Já os métodos para a análise de iluminação artificial consistem na medição in loco no período noturno, com a utilização de luxímetro e o método de cálculo conforme a NBR 5382:1985, não abordado no presente estudo.

Para as edificações residenciais a norma de desempenho apresenta níveis mínimos de iluminação dentro dos espaços de ocupação prolongada, como quartos, salas, cozinhas e áreas de serviço. Ela define que, nesses ambientes, é necessário uma iluminância mínima de 60 lux no plano de trabalho (a 0,75 m de altura) no centro do ambiente, considerando um dia com nebulosidade média. A Tabela 1 apresenta os valores de iluminância para atendimento aos níveis mínimo, intermediário e superior, segundo a norma NBR 15575.

Tabela 1 – Níveis de iluminância para luz natural estabelecidos pela NBR 15575-1:2013.

Nível de desempenho	Iluminamento geral para os níveis de desempenho (lux)		
	MÍNIMO	INTERMEDIÁRIO	SUPERIOR
Sala de estar Dormitório Copa/cozinha Área de serviço	≥ 60	≥ 90	≥ 120
Banheiro Corredor Escadas Garagens Estacionamentos	Não requerido	≥ 30	≥ 45

Fonte: NBR 15575-1:2013.

A melhor forma de definir parâmetros de projeto para alcançar essa quantidade de luz é através da simulação computacional. Nela, pode-se testar diversos cenários e verificar qual a melhor estratégia para projetar ambientes com níveis adequados de iluminação. Observa-se que o tamanho das janelas influencia muito na quantidade de luz no ambiente, e que o excesso de aberturas também não é interessante pois leva a maior passagem de calor, que irá influenciar no desempenho térmico da edificação.

## 2 OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo definir as estratégias bioclimáticas adotadas para o projeto de um edifício residencial em Brasília segundo os parâmetros de desempenho lumínico propostos na NBR 15575:2013 utilizando simulações computacionais e, após conclusão da obra, medir se os valores propostos foram alcançados através de medições in loco.

## 3 METODOLOGIA

O objeto de estudo consiste em uma edificação de uso misto na cidade de Brasília. A presente análise tem por objetivo avaliar o desempenho lumínico definido pela NBR 15575:2013 para as unidades residenciais, localizadas no primeiro e segundo pavimento. O empreendimento consiste em um bloco dividido em subsolo, térreo, mezanino, 1º e 2º pavimento, cobertura e ático (Figura 1). No presente estudo foram avaliados a sala/cozinha e os dormitórios.

Figura 1 – Imagem da edificação avaliada em Brasília.



A avaliação foi realizada por meio do método da simulação computacional, conforme diretrizes da Norma de Desempenho ABNT NBR 15575:2013. Segundo a norma, o tipo de atividade é generalizado de acordo com o ambiente, avaliando o desperdício de energia ou insuficiência da iluminação, trazendo valores específicos para cada ambiente, porém não considera se a atividade a ser desenvolvida é leitura ou descanso, por exemplo, no caso de ambientes do tipo dormitório. Entretanto, esses casos podem ser facilmente revertidos pelo uso de iluminação auxiliar como os abajures.

De acordo com a NBR 15575:2013 a análise do desempenho lumínico deve ocorrer nas dependências de permanência prolongada como sala de estar, dormitórios, copa/cozinhas e áreas de serviço. Para atender ao nível mínimo requerido estas devem apresentar a iluminância mínima de 60 lux no centro de cada ambiente nos dias 23 de abril e 23 de outubro, às 09h30min e às 15h30min, com céu parcialmente nublado (50% de nuvens). Banheiros, corredores, escadarias, garagens e estacionamentos não possuem exigência para atendimento ao nível mínimo.

O nível de iluminância natural foi obtido por simulação do plano horizontal através do procedimento explanado na NBR 15215-3:2004, sujeitando-se as seguintes recomendações: considerar a latitude e longitude da localidade específica; supor o nível de nebulosidade média, igual a 50% de nuvens no céu; supor desabilitado a iluminação artificial, sem a presença de obstruções opacas à incidência de luz nas janelas e portas, ou seja, considera-las abertas e sem a presença de fontes que impeçam a passagem da luz solar; para o centro dos ambientes, considerar a altura do plano como a 0,75 m acima do

nível do piso, bem como para pontos centrais de corredores; para as escadas, considerar os pontos centrais dos patamares e a meia largura do degrau central de cada lance, a 0,75 m acima do nível do piso; considerar também quaisquer sombreamento provenientes de edificações vizinhas, taludes, muros, etc.

Para a obtenção do Fator de Luz Diurna (FLD) a norma declara que as medições devem ser feitas com a utilização de um luxímetro portátil em hora compreendida entre 9h e 15h, em dias com nebulosidade média de 50%, sem ocorrência de chuva, sendo a iluminação artificial desativada e sem a presença de elementos obstrutores da passagem de luz; determina-se que as medições devem ser efetuadas a 0,75 m acima do nível do piso; nos pontos centrais de corredores; já para as escadas considerar os pontos centrais dos patamares e a meia-largura do degrau central de cada lance; ressalta-se a importância de que o luxímetro não receba a incidência direta de luz solar. O cálculo do FLD pode ser obtido mediante o emprego da Equação (1):

$$FLD = 100 \times E_i/E_e \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

$E_i$  é a iluminância interior do ambiente, e

$E_e$  é iluminância externa à sombra.

A medição *in loco* foi realizada para verificar se os requisitos mínimos de iluminação natural foram alcançados. A obra estava em fase final, com acabamento de piso, parede e teto concluídos, sem nenhum móvel na habitação ou ambientação realizada. O desempenho mínimo é exigido apenas nas salas, quartos, copa/cozinha e área de serviço, sendo o FLD esperado acima de 0,50%, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Fator de luz diurna (FLD) para os diferentes ambientes da edificação para desempenho mínimo.

DEPENDÊNCIA	FLD (%) para o nível mínimo de desempenho M
Sala de estar Copa/cozinha Dormitório Área de serviço	$\geq 0,50\%$
Banheiro Corredor ou escada interna à unidade Corredor de uso comum (prédios) Escadaria de uso comum (prédios) Garagens/ estacionamentos	Não exigido
*Valores mínimos obrigatórios, conforme método de avaliação 13.2.4. NOTA 1: Para os edifícios multipiso, admitem-se para as dependências situadas no pavimento térreo ou em pavimentos abaixo da cota da rua níveis de iluminância ligeiramente inferiores aos valores especificados na tabela acima. NOTA 2: Os critérios desta tabela não se aplicam às áreas confinadas ou que não tenham iluminação natural.	

Fonte: NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

Segundo a norma a presença de elementos externos não podem prejudicar os níveis mínimos de iluminância. A norma recomenda ainda que as janelas de salas de estar e dormitórios devem estar posicionadas a no máximo 1,00 m acima do piso interno, tendo a cota da testeira do vão o máximo de 2,20 m a partir do piso interno.

#### 4 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MODELO

O empreendimento possui dezessete unidades habitacionais no 1º pavimento e dezenove no 2º pavimento. A simulação computacional foi realizada para os apartamentos 102, 105, 106, 107, 111, 113, 115, 116 e 117 do 1º pavimento e aos apartamentos 216, 217, 218 e 219 do 2º pavimento, que apresentam todas as tipologias e orientações, conforme apresentado nas Figuras 2 e 3.



Figura 2 – Planta baixa do 1º pavimento.

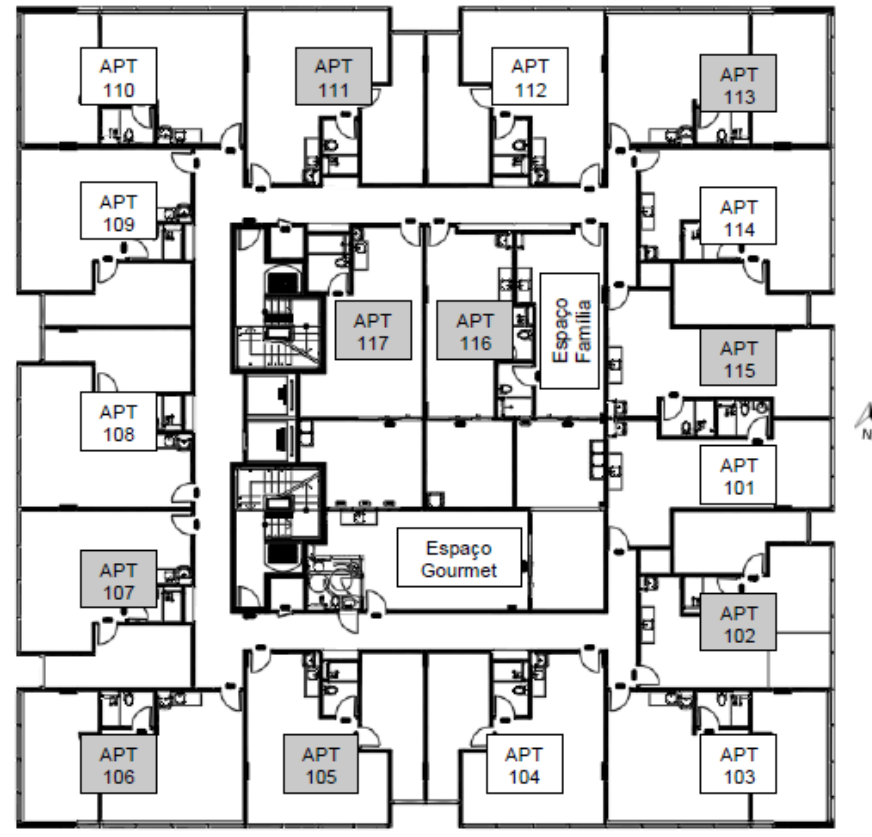
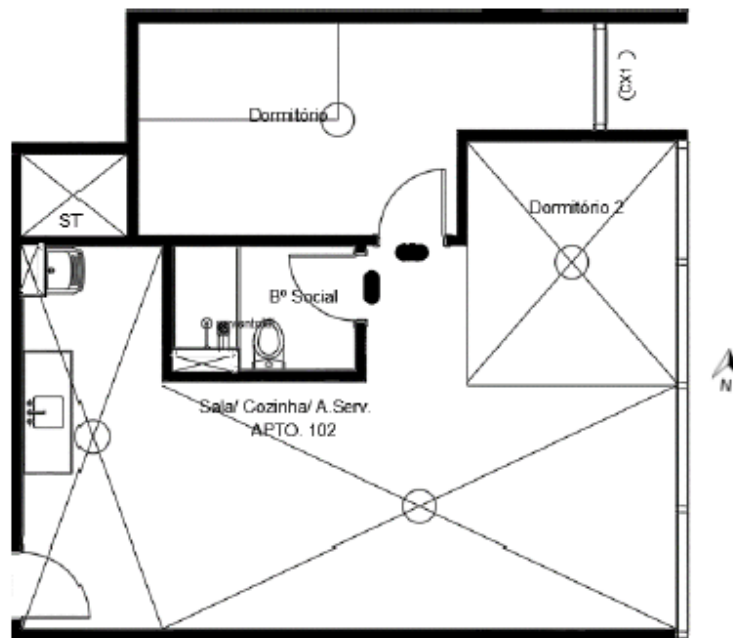


Figura 3 – Planta baixa do apartamento 102.



As dependências foram modeladas com software ReluxPro – 2014, versão 1.2.0 e simuladas com o método de Raytracing, atendendo as exigências da NBR 15.575-1.

A modelagem dos ambientes com relação à geometria dos espaços, cores de acabamentos internos e externos, tipo e tamanho de fechamentos transparentes foi realizada conforme projeto arquitetônico. Cabe ressaltar que ao alterar a configuração original do imóvel, seja dos acabamentos ou a inserção de divisórias, por exemplo, os resultados aqui apresentados serão modificados. Assim, o layout e o mobiliário não foram levados em consideração nas simulações.

Os edifícios vizinhos foram modelados conforme o plano urbanístico do bairro, denominado Setor Noroeste, considerando a refletância de 40%, correspondendo à média de fechamentos opacos e transparentes, conforme apresentado nas Figuras 4 e 5.

Figura 4 – Perspectiva do edifício com as edificações vizinhas e as unidades habitacionais destacadas.

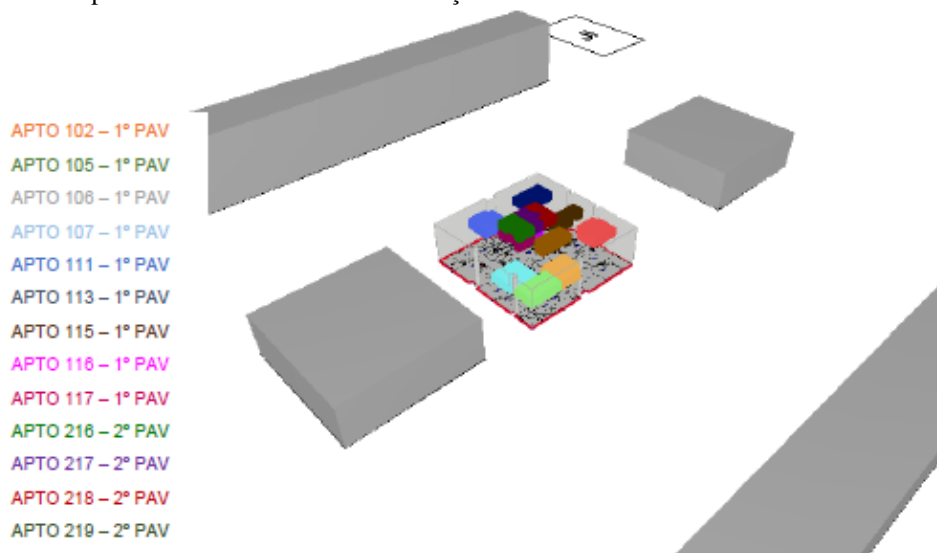
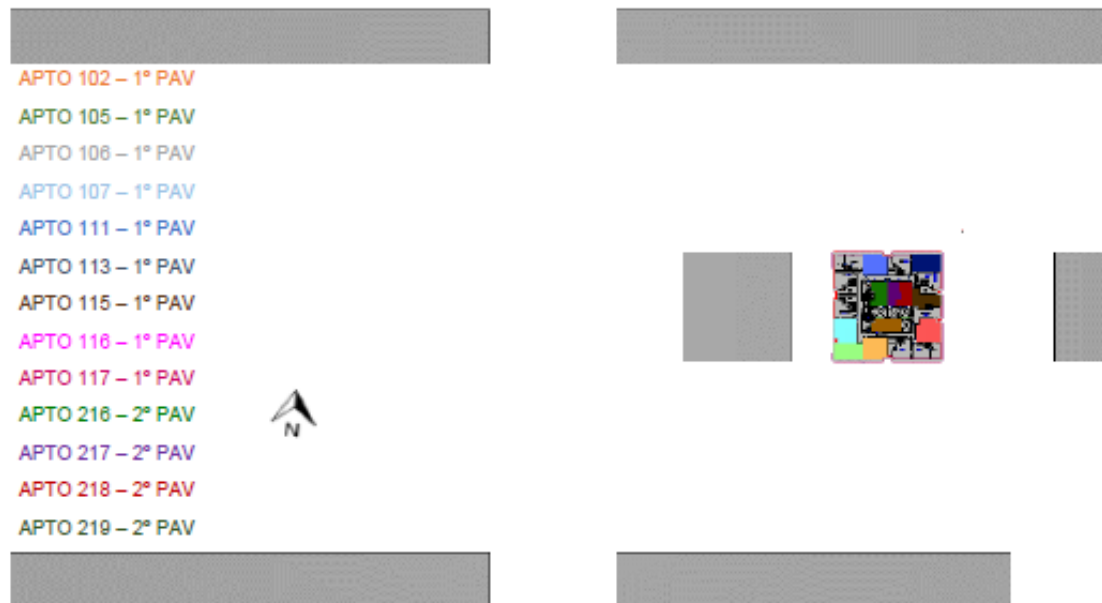


Figura 5 – Perspectiva aérea do edifício com as edificações vizinhas e as unidades habitacionais analisadas destacadas.



O software calcula a disponibilidade da iluminação natural a partir de posição geográfica do local de implantação. Para as simulações do objeto de presente trabalho foi considerada a latitude de  $-16^\circ$  e longitude de  $-48^\circ$  da cidade de Brasília, com fuso horário de -3 horas. As fachadas possuem azimutes de  $85^\circ$ ,  $175^\circ$ ,  $265^\circ$  e  $355^\circ$ .

Considerou-se céu parcialmente nublado (céu intermédio), conforme proposto pelo Comissão Internacional de Iluminação na ISO CIE 15469:2004, com 50% de nebulosidade, fator de manutenção dos vidros de 0,90 e sete reflexões dos raios luminosos. As simulações foram realizadas no plano horizontal, a 75 cm do nível de piso, com afastamento de 10 cm das paredes e portas internas abertas. As características dos ambientes externos, como terraços, estão especificadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Características dos ambientes externos como terraços na simulação.

	Altura entre piso e viga de borda (m)	Cores e refletâncias (%)			Muro		
		Piso	Parede	Teto	Material	Altura (m)	Transmissão luminosa (%)
Terraços internos	-	Cinza claro 60%	Branco neve 85%	-	Alvenaria*	2,30	-

\*Parede divisória entre os terraços privativos

OBS: As paredes do átrio possuem altura de 5,95 m e no trecho com a caixa d'água 8,95 m.

A refletância dos materiais é definida pela cor dos acabamentos, não havendo relação com marca ou fornecedor. As cores dos acabamentos com as respectivas refletâncias utilizadas na presente simulação foram: cinza claro (60%) para o piso; branco

gelo (75%) para as paredes da cozinha/área de serviço; branco neve (85%) para as paredes da sala e dos dormitórios; e branco neve (85%) para o teto.

A fim de validar a refletância visível obtida pelo método de espectrorradiometria, comparou-se os resultados com bibliografias da área. Os revestimentos na cor branca apresentaram valores próximos aos indicados por autores como Vianna e Gonçalves (2001) e Brown e Dekay (2004), que apontam variação de 80% a 95% de refletância para essa cor.

O porcelanato na cor cinza, obtido com 60% de refletância, também se encontra dentro dos valores indicados por Vianna e Gonçalves (2001), com variação entre 25% e 60%. Nas paredes, sugere-se que a refletância das superfícies varie entre 30% e 80%, porém, foi utilizado o valor de 85%, procurando uniformizar as paredes internas dos ambientes. Danieleski et al (2019) adotou a refletância de 90% para as paredes tendo em vista que encontrou valores de 91% para o porcelanato da parede da cozinha e de 96% para a parede com pintura na cor branco gelo.

Considerou-se na simulação vidro laminado de 4+4 mm incolor nas aberturas recuadas e vidro de 8 mm low-e refletivo prata escuro AG43 CCC44.1 4 mm + PVB incolor + incolor 4 mm nas aberturas recuadas, com valor de transmitância com base na NBR 15215:3 (ABNT, 2005). Na sala e quartos foi utilizado piso de cor cinza claro da Portobello St. Martin natural, na parede e teto a cor branco neve fosco.

A Tabela 4 apresenta as características dos ambientes internos dos apartamentos 102 e 107, contendo as cores dos acabamentos e os tipos de vidro nas quais se baseiam as refletâncias e a transmissão luminosa. Foi utilizado pé-direito de 2,53 m em todos os ambientes analisados.

Tabela 4 – Características dos ambientes internos dos apartamentos 102 e 107.

Ambiente	Refletância (%)			Aberturas			
	Piso	Parede	Teto	Peitoril (m)	Dimensões Largura x altura (m)	Transmissão luminosa do vidro (%)	Largura dos caixilhos (cm)
102	Cozinha	Cinza claro 60	Branco gelo 75	Branco neve 85	0,10	5,85 x 1,00 5,85 x 1,25	4
	Sala		Branco neve 85				
	Dormitório 1 e 2				0,10	5,85 x 1,00 5,85 x 1,25	
107	Cozinha	Cinza claro 60	Branco gelo 75	Branco neve 85	0,10	5,85 x 1,00 5,85 x 1,25	4
	Sala		Branco neve 85				
	Dormitório 1 e 2				0,10	5,85 x 1,00 5,85 x 1,25	

\*Peitoril de vidro com 1,00 m de altura.

## 5 SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

As simulações foram realizadas nos dias 23 de abril e 23 de outubro às 9h30min e às 15h30min, conforme exigência da norma NBR 15575:2013. O desempenho deve ser avaliado no ponto central de cada ambiente. Este ponto é determinado por uma linha imaginária saindo dos cantos do ambiente até o local que se encontram (ponto X) ou por meio de cálculo de centro geométrico, dependendo do formato do ambiente.

Considera-se a iluminância, dada em lux, variando de insatisfatório a superior, conforme a seguinte legenda:



< 60 lux – desempenho insatisfatório

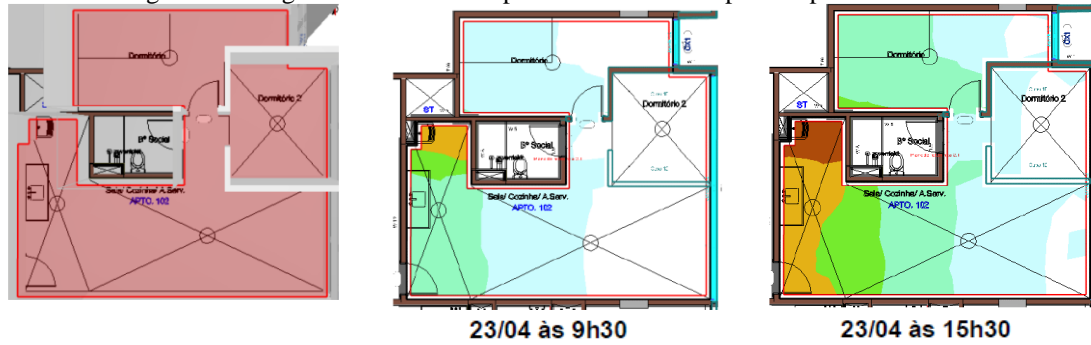
60 a 89 lux – desempenho mínimo

90 a 119 lux – desempenho intermediário

≥ 120 lux – desempenho superior

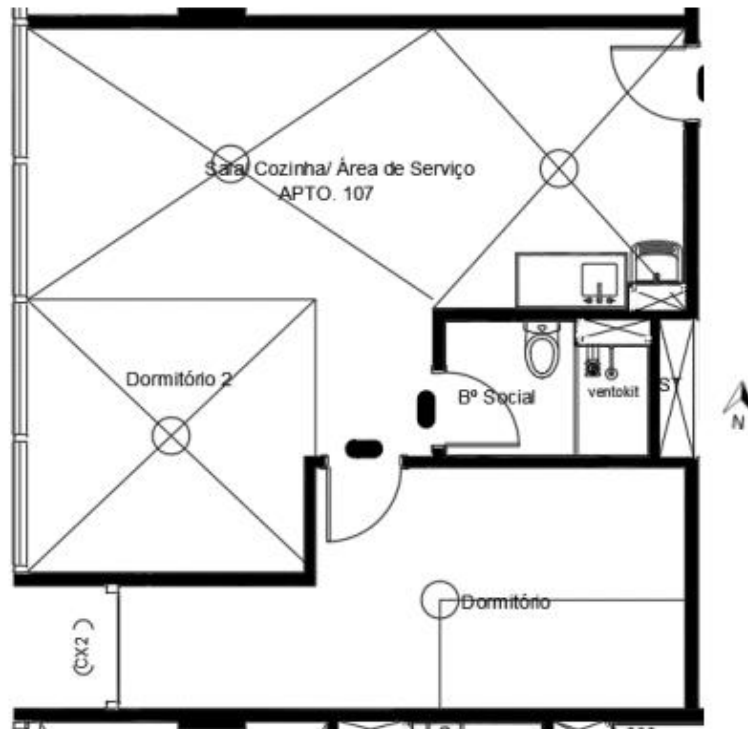
A Figura 6 apresenta as imagens dos modelos computacionais simulados para o apartamento 102. Os modelos incorporam os edifícios vizinhos, varandas, lajes técnicas, beirais, marquises, volumetria do edifício em análise e outros elementos que interferem no desempenho lumínico de ambientes analisados.

Figura 6 – Imagens do modelo computacional simulado para o apartamento 102.



O centro geométrico dos ambientes foi calculado e a Figura 7 apresenta a representação desse centro nos ambientes do apartamento 107.

Figura 7 – Imagem do centro geométrico do apartamento 107, utilizado na simulação computacional.



As Figuras 8 e 9 apresentam o resultado do desempenho lumínico do apartamento 107 realizado na simulação computacional segundo as cores proposta na legenda de iluminância, para um desempenho mínimo de 60 lux, realizado nos dias 23/04 e 23/10 às 9h30m e 15h30m.

Figura 8 – Simulação computacional do apartamento 107 no dia 23/04 às 9h30m e às 15h30m.

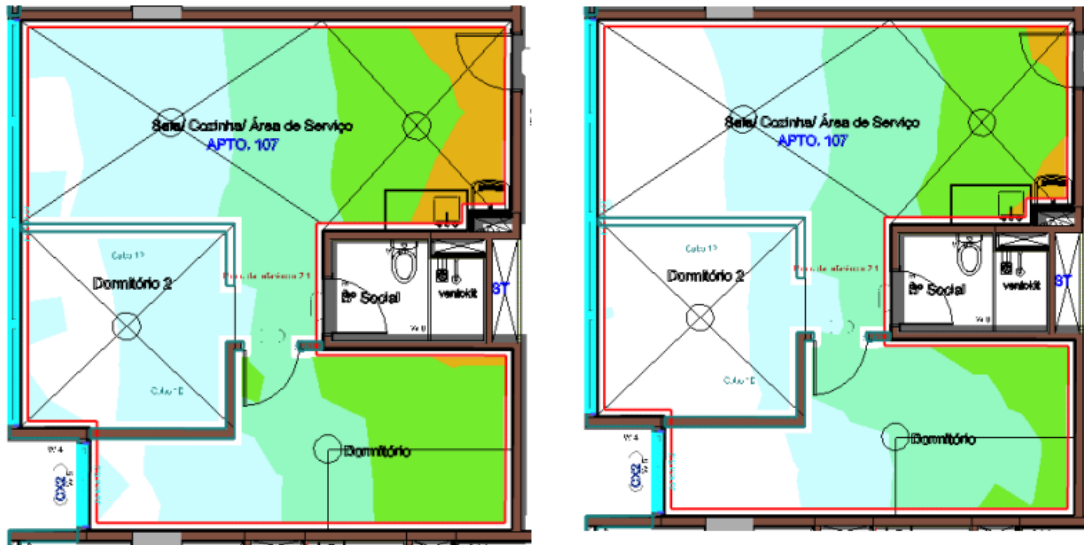
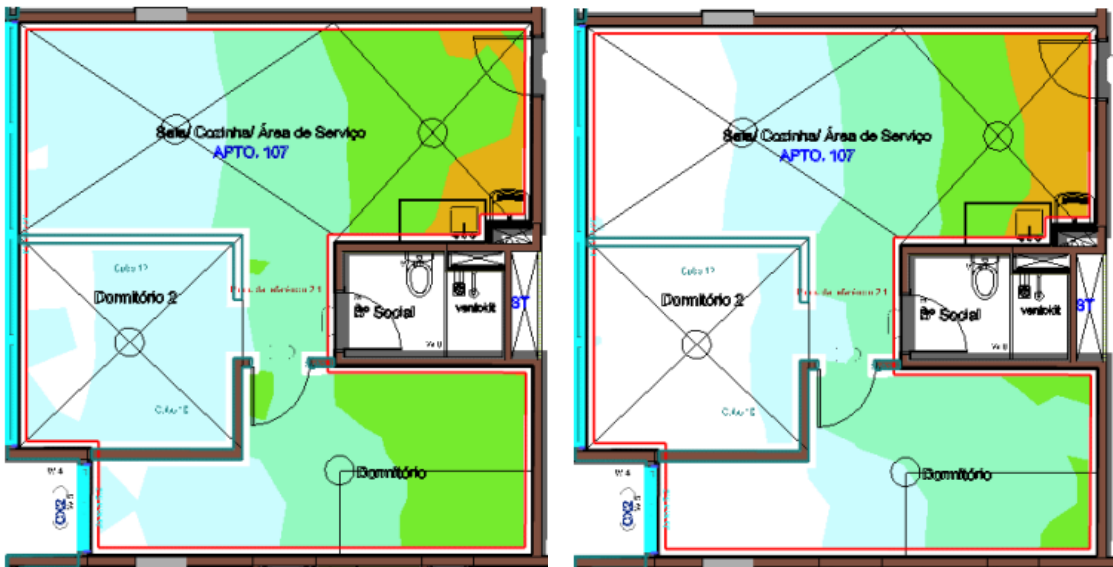


Figura 9 – Simulação computacional do apartamento 107 no dia 23/10 às 9h30m e às 15h30m.



## 6 RESULTADOS E ANÁLISES

Na etapa de simulações computacionais analisou-se a iluminância obtida por meio da NBR 15575 (ABNT, 2013a). Foram simuladas todas as tipologias das unidades habitacionais em todas as orientações em situação menos favorável. Desta forma não foi necessário repetir as simulações nos demais apartamentos.

A Tabela 5 apresenta os valores das simulações computacionais nas diferentes orientações solares analisadas no primeiro e segundo pavimento. Destaca-se a variação de iluminância obtida para as unidades 102, 116, 117, 216, 217 e 218 que alcançaram o desempenho mínimo em alguns ambientes. Os resultados das simulações mostram que a sala e o dormitório do apartamento 102 atendem ao nível superior de iluminação natural,

segundo às exigências da NBR 15575, enquanto a cozinha e a área de serviço apresentam desempenho mínimo. Nos apartamentos 105, 106, 107 e 111, a sala e os dormitórios 1 e 2 apresentam nível superior de iluminação natural, enquanto a cozinha e a área de serviço demonstram desempenho intermediário. No apartamento 113 todos os cômodos analisados obtiveram nível superior de iluminação natural. Os apartamentos 115, 116 e 117 foram simulados como ambiente único. A unidade 115 demonstra, desta forma, atendimento ao nível superior, e as unidades 116 e 117 atendem ao nível mínimo de iluminação natural. Nos apartamentos 216, 217 e 218 a sala e o dormitório obtiveram nível superior de iluminação natural e a cozinha e a área de serviço atendem ao desempenho mínimo. No apartamento 219 a cozinha e a área de serviço, bem como o dormitório apresentam nível superior de iluminação natural, enquanto a sala apresenta nível intermediário.

Tabela 5 – Resultado da iluminância no centro do ambiente dos apartamentos avaliados através da simulação computacional conforme as cores da legenda apresentada abaixo, para o primeiro e o segundo pavimento da edificação avaliada.

AMBIENTE	ILUMINANCIA NO CENTRO DO AMBIENTE				NÍVEL ATENDIDO
	23/04 09h30min	23/04 15h30min	23/10 09h30min	23/10 15h30min	
102	Cozinha/AS				
	Sala				
	Dormitórios 1 e 2				
105 e 106	Cozinha/AS				
	Sala				
107	Cozinha/AS				
	Sala				
	Dormitórios 1 e 2				
111	Cozinha/AS				
	Sala				
	Dormitórios 1 e 2				
113	Cozinha/AS				
	Sala				
	Dormitórios 1 e 2				
115	Cozinha/AS Sala/Dormitório				
116	Cozinha/AS				
	Sala/Dormitório				
117	Cozinha/AS				
	Sala/Dormitório				
216	Cozinha/AS				
	Sala/Dormitório				
217	Cozinha/AS				
	Sala/Dormitório				
218	Cozinha/AS				
	Sala/Dormitório				
219	Cozinha/AS				
	Sala				
	Dormitório				

LEGENDA:  DESEMPENHO SUPERIOR  DESEMPENHO INTERMEDIÁRIO  DESEMPENHO MÍNIMO  DESEMPENHO INSATISFATORIO



Os resultados das simulações comprovam que todas as unidades habitacionais do empreendimento residencial avaliado atendem à norma NBR 15575:2013 no que se refere ao desempenho lumínico – iluminação natural, sob as condições de projeto arquitetônico adotadas na simulação.

Os resultados das análises estáticas indicaram que o apartamento 113 apresentou melhor desempenho lumínico para todas as orientações solares.

O desempenho lumínico não pode ser garantido caso sejam alterados a geometria, as cores dos acabamentos, os tamanhos das aberturas e os tipos de vidro durante as etapas de construção e de uso das unidades habitacionais.

Ressalta-se que as unidades habitacionais 101, 115, 116 e 117, 201 e 215 atendem ao desempenho lumínico apenas quando analisadas como um ambiente único. A NBR 15575 não é clara a respeito de como analisar os cômodos com mais de uma função.

## 7 MEDIÇÕES *IN LOCO*

Foram realizadas medições *in loco* da iluminância nos apartamentos 102 e 107, em fachadas opostas, nos dias 10 e 11 de fevereiro de 2022, entre 10-11h e entre 14-15h. Foram efetuadas coletas na sala/cozinha e quartos, no centro geométrico, conforme simulação computacional, totalizando 5 medições por cômodo, em cada horário definido, durante 2 dias. As condições climáticas nos dias da coleta variaram de sol com muitas nuvens para parcialmente nublado. O equipamento utilizado na coleta de dados é um termo-higro-decibelímetro-luxímetro, modelo THDL-400 (Figura 10).

Figura 10 - Aparelho Termo-Higro-Decibelímetro-Luxímetro utilizado para medições *in loco*.



Os valores médios obtidos para a iluminância nos apartamentos avaliados, medido no centro geométrico calculado na simulação computacional, obtidos em lux, são

apresentados na Tabela 6. Eles foram medidos nas unidades 102 e 107. Todos os valores de iluminação estavam dentro dos valores de referência que é de no mínimo 60 lux.

Tabela 6 – Valores médios da iluminância, em lux, dos apartamentos 102 e 107.

Apartamento	AMBIENTE	Iluminância 10-11 h (lux)	Iluminância 14-15 h (lux)
102	Sala de estar	800	680
	Cozinha	295	254
	Quarto 1 (maior)	480	320
	Quarto 2 (menor)	777	295
107	Sala de estar	981	780
	Cozinha	500	420
	Quarto 1 (maior)	540	250
	Quarto 2 (menor)	820	495

A Tabela 7 apresenta o resultado do Fator de Luz Diurna (FLD), parâmetro usado como critério de avaliação do desempenho lumínico, segundo a NBR 15575:2013. Todos os valores obtidos ficaram bem acima do mínimo da norma que é de 0,5%.

Tabela 7 – Fator de Luz Diurna (FLD) para os apartamentos 102 e 107.

10 e 11 de fevereiro de 2022			
		FLD	
		Horário: 10-11h	Horário: 14-15h
Condições climáticas		Parcialmente nublado	Sol com nuvens esparas
102	Sala de estar	86,95	69,38
	Cozinha	32,06	25,91
	Quarto 1 (maior)	52,17	32,65
	Quarto 2 (menor)	84,45	30,10
107	Sala de estar	61,31	43,57
	Cozinha	31,25	23,46
	Quarto 1 (maior)	33,75	13,96
	Quarto 2 (menor)	51,25	27,65

As medições in loco foram realizadas para verificar se os requisitos mínimos de iluminação natural propostos na simulação computacional atendem aos requisitos da norma, segundo proposto por norma e para os materiais de acabamento selecionados previamente com a equipe de projeto arquitetônico.

Os resultados comprovam a eficácia do desenvolvimento do projeto lumínico através da simulação computacional, dado que os ensaios previstos na norma necessitam de dias e horários específicos, permitindo analisar antes de executar a tarefa, condição importante no ramo da construção civil, pois reduz ou até erradica a necessidade de mudanças no projeto em paralelo à sua execução. Ele permite a análise de todos os dados técnicos e subjetivos, sendo possível concluir quais soluções arquitetônicas bioclimáticas

são as mais recomendadas. A Figura 11 apresenta imagens da sala/cozinha e quartos da unidade 208 ambientada.

Figura 11 – Sala/cozinha e quartos da unidade 208 ambientada.



Observa-se que a simulação foi 100% representativa e se assemelhou ao ensaio de campo, demonstrando ser válida a técnica de medição da iluminação natural através do software computacional. Semelhante resultado foi obtido por Cabral (2020) ao analisar técnicas de avaliação de desempenho lumínico em um edifício multifamiliar em Recife.

## 8 CONCLUSÃO

Este trabalho buscou avaliar o desempenho da luz natural em diferentes configurações espaciais de ambientes de cozinha/área de serviço e quartos de residências multifamiliares em um edifício na cidade de Brasília.

Com base nas simulações computacionais realizadas e nas medições *in loco*, pós entrega do empreendimento, para as condições climáticas aqui propostas, a edificação cumpre com as exigências da norma, alcançando os valores de iluminância propostos.

Por fim, ressalta-se a importância do uso da luz natural de maneira controlada em ambientes internos, pois qualifica o desenvolvimento de atividades pelo usuário final, que poderá trazer benefícios em sua saúde visual e conforto.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15215-3: Iluminação Natural – Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edifícios habitacionais desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1: Edificações Habitacionais — Desempenho/ Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5382: Verificação da iluminância de interiores - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15215 – 1: Iluminação natural – Parte 1: Conceitos básicos e definições. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15215 – 3: Iluminação natural – Parte 3: Procedimento de Cálculo para Determinação da Iluminação Natural em Ambientes Internos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15215 – 4: Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição. Rio de Janeiro, 2005.

BROWN, G. Z.; DEKAY, M. Vento e luz: estratégias para o projeto de arquitetura. Bookman, 2004.

CABRAL, Fiori Marques da Silva. Análise das técnicas de avaliação de desempenho lumínico para iluminação natural de um edifício multifamiliar a partir de ensaios de campo e simulação computacional – estudo de caso. Programa de pós-graduação em engenharia civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2020.

CIE – COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE. ISO 15469 CIE S011/E – Spatial Distribution of Daylight. CIE Central Bureau, Vienna, 2003.

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, São Paulo, 2019.

DAYLIGHT. Version 2º ed. [S.l.]: VELUX A/S, 2008. Disponível em: . Acesso em: 20 abr. 2018.

FIUZA, J. M; CLARO, A. Influência de elementos de proteção solar horizontais aplicados a aberturas laterais, na admissão e distribuição da luz natural. In: X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. 2009, Natal. Anais. Natal: ENCACENLACAC, 2009.

KEELER, Marian; BURKE, Bill. Projeto de edificações sustentáveis. Porto Alegre: Bookman, 2010.

STUCHI, P. V. S.; BARROS, R.R.M.P. Desempenho térmico e lumínico no projeto da habitação solcial em Indaiatuba, SP: estudos de caso. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 8, n. 2, 2022. DOI: 10.34117/BJDV8N2-168.

TOLEDO, Beatriz G. Integração de Iluminação Natural e Artificial: Métodos e Guia Prático para Projeto Luminotécnico. 2008. 171 f. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília) – Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2008.

VIANNA, Nelson Solano; GONÇALVES, Joana Carla S. Iluminação e arquitetura. São Paulo: Virtus s/c Ltda., 2001.

YIN, R. K. O estudo de caso. Porto Alegre, Bookman, 2015.