



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

DESEMPENHO LUMÍNICO EM PROJETO AUTOGESTIONADO DE HIS: ESTUDO DE CASO NO CONJUNTO SERRA VERDE

SOUZA, Roberta (1); VELOSO, Ana Carolina (2); GURGEL, Gleisson (3); SANTANA, Jessica (4); KATO, Julia (5); OLIVEIRA, Lorena (6); GUINHO, Luiza (7)

(1) Departamento de Tecnologia do Design da Arquitetura e do Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, robertavgs@ufmg.br

(2) Programa de Pós Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da UFMG, acoveloso@gmail.com

(3) Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMG, gleissongurgel.ufmg@gmail.com

(4) Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMG, santana.jcastro@gmail.com

(5) Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMG, marionkato1@gmail.com

(6) Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMG, lorenacoelho@hotmail.com

(7) Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMG, luizaguinho@gmail.com

RESUMO

Comumente projetos de Habitação de Interesse Social possuem estigmas por apresentarem problemas relacionados à eficiência energética e ao conforto ambiental. O objetivo do trabalho consistiu em verificar o desempenho de iluminação natural no apartamento considerado como crítico do Conjunto Serra Verde, Belo Horizonte (MG). O projeto do empreendimento foi desenvolvido a partir de projeto arquitetônico pré-estabelecido pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte modificado em processo de autogestão coordenado por um grupo de profissionais da PUC-Minas e com participação popular para torná-lo mais flexível aos moradores. O trabalho compreendeu três etapas: definição do apartamento crítico; simulação dinâmica da iluminação natural; análise dos resultados a partir de normas de desempenho e métricas de iluminância natural. Pôde-se verificar que as normas de iluminação brasileiras se preocupam com o mínimo de luz necessário, mas não com um máximo e que tal pode implicar em um aumento de consumo de energia elétrica para suprir o desconforto térmico causado pela demasiada entrada de radiação solar. Conclui-se ainda que é possível, através de um processo de autogestão realizar projetos com participação dos usuários que apresentem boa qualidade e que levem em conta as singularidades territoriais, em alternativa ao modelo básico de reprodução utilizado em boa parte do país.

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

ABSTRACT

Housing units are usually stigmatized to present problems related to energy efficiency and environmental comfort. The objective of the present work was then to verify the daylighting performance of an apartment considered as critical in the Serra Verde Housing in Belo Horizonte (MG). The design of the Housing was developed from an architectonic design provided by "Prefeitura Municipal de Belo Horizonte" in an autogestion process coordinated by professionals from PUC-MG with popular participation to make it more flexible to users. The work was made in 3 steps: critical apartment definition; dynamic daylight simulation; evaluation according to metrics and legislation. The results show the residential metrics are related to minimum values but do not address high illumination levels that could be related to

overheating internal spaces. It is also concluded that popular participation allows the generation of designs that present good quality considering territorial singularities and may be a good alternative to the basic model of reproduction used throughout the country.

Keywords: daylighting, performance, computer simulation, autogestion.

1 INTRODUÇÃO

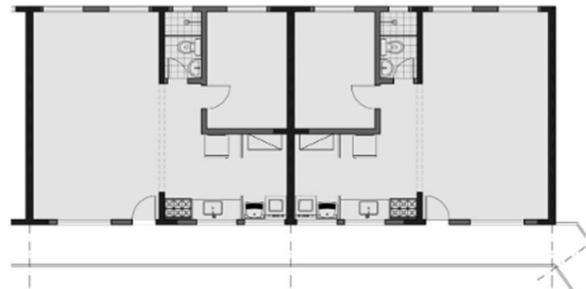
Segundo Lima e Leder (2012), durante os últimos anos, houve uma preocupação do Governo Federal em produzir HIS em larga escala, no entanto, esta produção tem desconsiderado especificidades regionais, principalmente no que diz respeito ao conforto ambiental e o desempenho energético. O presente artigo resultado de disciplina de graduação trata da análise do comportamento de luz natural no Conjunto Residencial Serra Verde localizado em Venda Nova, Belo Horizonte (MG). O Projeto Residencial Serra Verde – Modelo de Autogestão Habitacional de Interesse Social – RSV, de 4 blocos e 77 apartamentos (Figura 1) que teve seu projeto desenvolvido pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (PMBH) em parceria com o Escritório de Integração (PUC-Minas) e o grupo de pesquisa e extensão da EA-UFMG.

Figura 1: Residencial Serra Verde



Fonte: Escritório de Integração (2014)

Figura 2: Planta-tipo espelhada, existente em todos os pavimentos



Fonte: Os autores. Dados disponibilizados pelo acervo do RSV

O financiamento da construção seguiu as diretrizes do Programa de Crédito Solidário – PCS. A PMBH contribuiu com o terreno, vizinho ao novo Centro Administrativo do Estado de Minas Gerais e com uma complementação financeira para a construção. As UHs são compostas por um ambiente amplo em sua entrada, cozinha, área de serviço e quarto (Figura 2) e foram produzidas com o intuito de garantir uma planta flexível com possibilidades de alterações de acordo com a demanda cotidiana de cada futuro morador. Nos blocos há um corredor de circulação horizontal dando para o pátio interno do conjunto que ameniza a incidência de luz direta na sala. Foi verificado como essas escolhas de projeto interferem no desempenho luminoso dos apartamentos.

3. MÉTODO

O trabalho foi desenvolvido em três fases: 1 - definição de apartamento crítico através de análise do sombreamento modelado no programa Sketchup (solstício de inverno), e do estudo das fachadas em carta solar; 2 - simulação dinâmica pelo software DAYSIM; e 3 - análise de desempenho e métricas de iluminância natural pela “NBR 15575-1: Edificações Habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais” (ABNT, 2013), pelas métricas do “Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética Edificações Residenciais - (RTQ-R)” (INMETRO, 2012) e análise de métricas dinâmicas como DA e UDI (IES, 2012).

Na primeira fase foi definido como apartamento “crítico” aquele que recebe menos luz natural no ano. Ademais, foi possível demarcar os pontos centrais de cada cômodo do apartamento-tipo, para verificação da iluminância nestes pontos. O DAYSIM foi usado para o cálculo da “Autonomia da Luz Natural Contínua” (*Continuous Daylight Autonomy - cDA*) que indica o percentual das horas, durante o ano, em que um determinado nível de iluminância é mantido apenas com o aproveitamento da luz natural, além de fornecer créditos parciais para valores abaixo do limite definido pelo usuário. Se, por exemplo, for definido um limite mínimo de 300 lux (DA300) e um ponto específico exceder 300 lux em 50% do tempo durante o ano, o cDA poderá resultar próximo de 55% - 60%. (NEW BUILDINGS INSTITUTE, 2019) Os resultados foram analisados também “Autonomia Espacial da Luz Natural” (*Spatial Daylight Autonomy - sDA*) que indica a porcentagem de área que excede um valor mínimo de iluminância por um determinado período de tempo ao longo do ano (um $sDA_{300,50\%}$ corresponde a porcentagem de área onde os níveis de iluminação excedem 300 lux por pelo menos 50 % do tempo) (MORAES; PEREIRA, 2011).

Concomitantemente, foi feita uma análise comparativa dos dados encontrados com os mínimos exigidos pela norma NBR 15575-1 (ABNT (2013) e da métrica de avaliação do RTQ-R e, a partir dos resultados de iluminância encontrados, também fez-se necessária a comparação com a métrica “Useful Daylight Illuminance (UDI)”, uma vez que as anteriores não foram suficientes para uma análise completa.

A NBR 15575-1 (ABNT, 2013) estabelece valores de desempenho que buscam atender às exigências dos usuários nos sistemas que compõem as edificações habitacionais. Para o desempenho mínimo, a norma estabelece que os valores calculados unicamente com iluminação natural deverão ser superiores a 60 lux para a sala de estar, dormitórios, copa/cozinha e áreas de serviços em 2 dias e horários especificados (23 de março e de outubro às 9:30 e 15:30). Para além dessas dependências a norma não exige um valor mínimo de iluminância.

O RTQ-R (INMETRO, 2012) indica em seu método prescritivo que a soma das áreas de aberturas para iluminação natural de cada ambiente deve corresponder a no mínimo 12,5% toda área útil do ambiente. O não atendimento a este pré-requisito implica em no máximo nível C.

Fornecer ainda bonificações: 0,1 pontos para cor clara no teto e 0,1 pontos para profundidade máxima do ambiente deve ser avaliada pela Equação 1, sendo “P”, a profundidade do ambiente e “ h_a ”, a “distância medida entre o piso e a altura máxima da abertura para iluminação, excluindo-se os caixilhos” (INMETRO, 2012).

$$P \leq 2,4 \cdot h_a \quad (1)$$

Indica ainda que se pode obter 0,3 pontos de bonificação se for comprovado por simulação computacional que 50% mais 1 dos ambientes de PP, cozinha e áreas de serviço sem proteção solar possuem 60 lux em 70% da área dos ambientes, durante 70% das horas com luz natural no ano; e para ambientes com proteção solar a área a ser atendida é de 50%.

A modelagem do apartamento crítico considerou a orientação dos blocos com relação ao norte verdadeiro, a planta interna, as aberturas de vãos de janelas e portas, os materiais (ver Tabela 1), e a volumetria do entorno. O Daysim disponibiliza o plugin *su2ds* instalado no SketchUp 8, o qual faz intercâmbio de informações entre a geometria modelada e o Daysim 3.1. Assim, foi definida uma malha de pontos a cada 50 cm, na altura do plano de trabalho de 75 cm. O arquivo climático TMYx da cidade de Belo Horizonte foi usado para a simulação.

Foram simulados, para a análise do Continuous Daylight Autonomy, limites de 60 lux, 300 lux, 500 lux, 1000 lux e 2000 lux durante todos os dias do ano no intervalo de 8:00h às 18:00h. Esses valores de iluminância foram selecionados por serem valores propostos pela NBR 15575-1 (2013) e por estudos como os de Mardaljevic et al (2011).

Tabela1: Coeficientes de reflexão das superfícies do Residencial Serra Verde

Superfície	Cor considerada	Coeficiente de reflexão considerado (ρ)
Teto	Branca	0,7
Piso	Tonalidade Clara	0,6
Paredes internas	Branca	0,7
Paredes externas	Tonalidade Clara	0,65
Piso externo	Tonalidade Média	0,4

Fonte: Os autores

Foi analisada ainda a “Autonomia de luz espacial” (sDA) que indica “a porcentagem de área que excede um valor mínimo de iluminância por um determinado período de tempo ao longo do ano (por exemplo, sDA_{300,50%} corresponde a porcentagem de área onde os níveis de iluminação excedem 300 lux por pelo menos 50 % do tempo ao longo do ano) (MORAES; PEREIRA, 2011)

Após as simulações realizadas no DAYSIM verificou-se altos níveis de iluminância nos cômodos do apartamento crítico. Sendo este considerado como tendo menos acesso à luz natural, foi necessária a utilização de uma métrica que avaliasse essa maior quantidade de iluminação natural. Foi selecionado para tal o Useful Daylight Illuminance (UDI), proposto por Nabil e Mardaljevic (2005) representa a ocorrência anual de iluminâncias no plano de trabalho, que pertencem a uma faixa de valores entre 100 lux e 2000 lux, considerada útil, de acordo com estudos que registraram a preferência dos usuários em edificações iluminadas pela luz natural.

4. RESULTADOS

De acordo com o método prescritivo de avaliação do RTQ-R (Tabela 2), os ambientes de cozinha receberam nível A, enquanto quarto, área de serviço e sala receberam nível C por não atenderem a 12,5% de área de abertura efetiva em relação à área do piso. Tem-se ainda que sala não consegue a bonificação por profundidade.

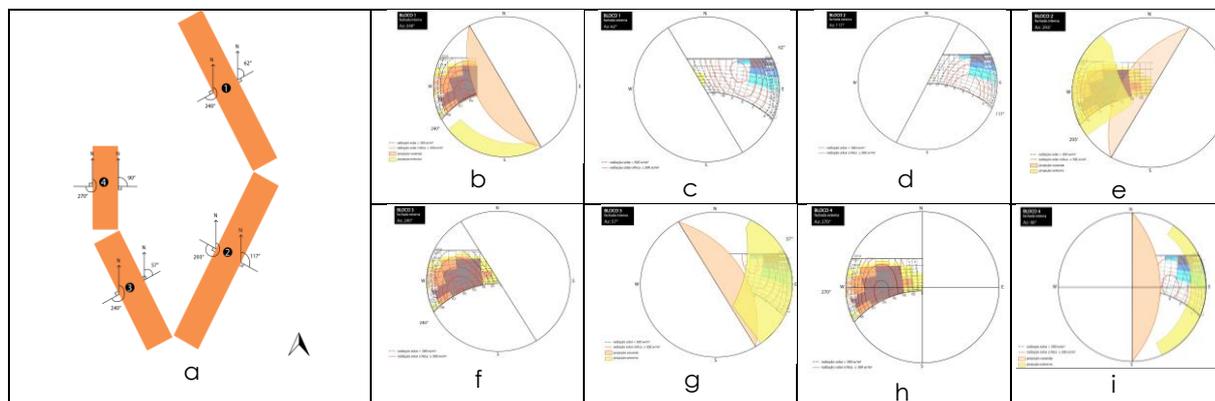
Tabela 2: análise de avaliação de ambientes de acordo com a área de aberturas e profundidade dos ambientes

AMBIENTE	ÁREA	TIPO DE JANELA	% ABERTURA PARA ILUMINAÇÃO NATURAL	BONIFICAÇÃO ILUMINAÇÃO NATURAL (PROFUNDIDADE)	AVALIAÇÃO
QUARTO	L x P 2,41 x 3,73 ~ 9m ²	JANELA DE CORRER - 2 FOLHAS (100x120) (área de janela = 1,20m ² = 10,7% da área útil do ambiente)	80 (= 0,96m ² de área de janela)	P < 2,4 x 2,41 = P < 5,78m TEM BONIFICAÇÃO	NÍVEL C + 0,20 pontos
A.S.	L x P 1,35 x 2,30 ~ 3,11m ²	JANELA MAXIM-AR (60x80) (área de janela = 0,48m ² = 12,35% da área útil do ambiente)	80 (= 0,384m ² de área de janela)	P < 2,4 x 2,41 = P < 5,78m TEM BONIFICAÇÃO	NÍVEL C + 0,20 pontos
COZINHA	L x P 2,28 x 2,30 ~ 5,24m ²	JANELA DE CORRER - 2 FOLHAS (100x120) (área de janela = 1,20m ² = 18,32% da área útil do ambiente)	80 (= 0,96m ² de área de janela)	P < 2,4 x 2,41 = P < 5,78m TEM BONIFICAÇÃO	NÍVEL A + 0,20 pontos
SALA	L x P 3,74 x 6,14 ~ 23m ²	JANELA DE CORRER - 2 FOLHAS (120x120) (área de 2 janelas = 1,44m ² x 2 = 2,88m ² = 10,0% da área útil do ambiente)	80 (= 2,30m ² de área de janela)	P < 2,4 x 2,41 = P < 5,78m NÃO TEM BONIFICAÇÃO	NÍVEL C (sem bonificação)

Fonte: Os autores

Nos estudos com carta solar (Figura 3), pode-se observar que as varandas funcionam como um brise de proteção da incidência solar direta, assim como os blocos vizinhos, que projetam sombras uns aos outros a depender da distância em que se encontram. Com esse estudo foi possível visualizar as fachadas voltadas para o exterior recebem incidência solar, com radiação tida como crítica (considerada acima de 500 W/m²).

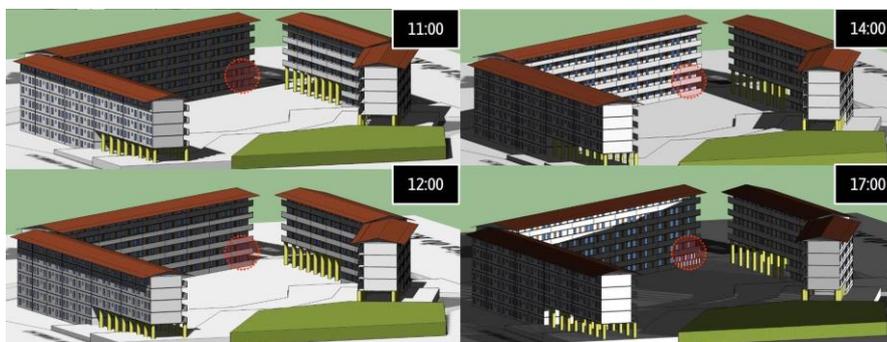
Figura 3: orientação solar do conjunto (a) e cartas solares dos blocos 1 (b,c)2 (d,e), 3 (f,g) e 4 (h,i) com representação das obstruções entre blocos



Fonte: Os autores a partir das cartas solares disponibilizadas em <http://www.pbeneduca.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Anexo1RTQ-R.pdf>

O estudo de sombras no software SketchUp, foi possível então verificar o apartamento mais sombreado internamente pelos blocos (Figura 4), tido como o que receberia menos luz (marcado em vermelho nas imagens) considerado como crítico.

Figura 4: Estudo de sombras no modelo tridimensional



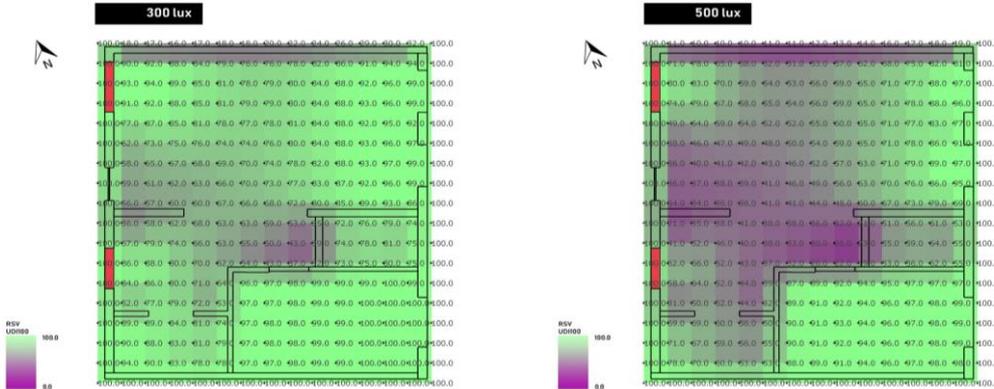
Fonte: Os autores

A partir da simulação do Daysim (Figura 5), pôde-se obter valores de atendimento a diferentes limites de iluminância para cada norma e métrica.

Pode-se verificar pela escala da Figura 5 que há atendimento de 100% todo tempo (cor verde) em quase toda a área do ambiente para um nível de 300 lux e que se notam variações de atendimento a partir de 500 lux apenas.

Foi avaliada então a “Autonomia Espacial da Luz Natural” (exemplos nas Tabelas de 2 a 5) e novamente na análise do atendimento para um mínimo de 300 lux em 50% do tempo pode-se notar que 100% da área do apartamento atende a luz preferencial proposta em 2012 pela *Illuminating Engineering Society of North America* (IESNA, 2012). Portanto, observa-se indiretamente o nível de 60 lux no centro do ambiente indicado como mínimo pela NBR 15575-1 seria facilmente atendido.

Figura 5: Exemplos de resultados de cDA para 300 e 500 lux



Fonte: Os autores

Tabela 2: sDA para 300 lux em 50% do tempo

Spatial Daylight Autonomy sDA _{300,50%}			
AMBIENTE	QTD. SENSORES	SENSORES ACIMA DE 50%	sDA _{300,50%}
Sala	104	104	100%
Quarto	40	40	100%
Cozinha	25	25	100%
Área de Serviços	15	15	100%
Banheiro	12	12	100%

Os autores

Tabela 3: sDA para 500 lux em 50% do tempo

Spatial Daylight Autonomy sDA _{500,50%}			
AMBIENTE	QTD. SENSORES	SENSORES ACIMA DE 50%	sDA _{500,50%}
Sala	104	77	74%
Quarto	40	40	100%
Cozinha	25	9	36%
Área de Serviços	15	15	100%
Banheiro	12	12	100%

Os autores

Tabela 5: sDA para 2000 lux em 50% do tempo

Spatial Daylight Autonomy sDA _{2000,50%}			
AMBIENTE	QTD. SENSORES	SENSORES ACIMA DE 50%	sDA _{2000,50%}
Sala	104	7	7%
Quarto	40	19	48%
Cozinha	25	0	0%
Área de Serviços	15	0	0%
Banheiro	12	0	0%

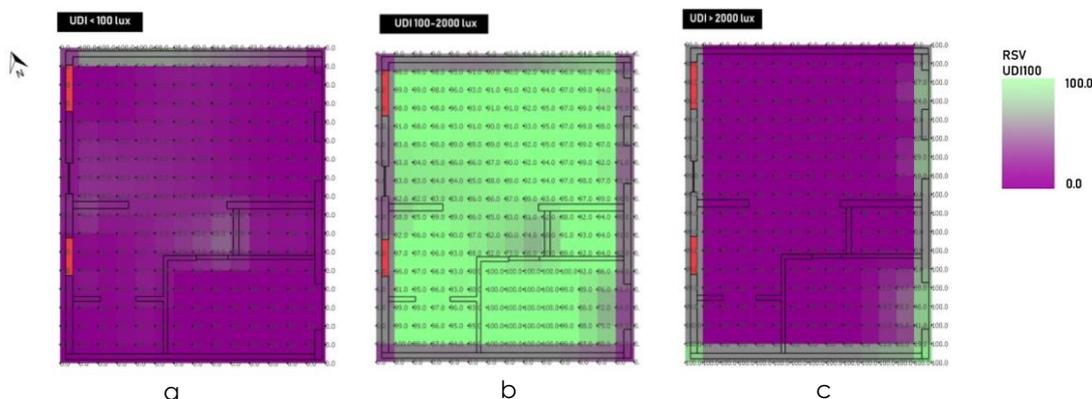
Fonte: Os autores

A análise do nível de 500 lux mostra que apenas a sala e a cozinha não atendem à métrica em 100% da área. Para 2000 lux temos 7% da sala de 48% do quarto com valores superiores a este nível.

Comparando os resultados de simulação e a avaliação prescritiva do RTQ-R, nota-se que o projeto Serra Verde possui unidades de habitação com boa incidência de iluminação natural, porém a avaliação dos ambientes demonstra que alguns pré-requisitos e bonificações do RTQ-R não são atingidos. Logo, observa-se a necessidade de outra métrica que possa avaliar melhor a iluminação natural no Regulamento. Talvez indicar que apenas a simulação computacional deva ser usada para tal fim.

Finalmente, como foram observados altos níveis de iluminação pela métrica sDA, foi analisada a métrica UDI para avaliação do apartamento crítico (Figura 6).

Figura 6: UDI a) até 100lux, b) de 100 a 2000 lux e c) acima de 2000 lux



Fonte: Elaborada pela equipe (2019)

De acordo com Mardaljevic (2011), a faixa entre 100 lux e 2000 lux é considerada de iluminância útil confortável; o apartamento crítico analisado demonstra exatamente que em boa parte do tempo, ele se encontra dentro dos limites estabelecidos pela métrica. Isso demonstra que, na realidade, o apartamento crítico possui uma iluminação natural bastante adequada, não havendo necessidade de intervenções ou auxílio de iluminação artificial na maior parte do tempo para o desempenho das tarefas visuais mais simples. Entretanto, isso significa, também, que outros apartamentos podem possuir níveis de iluminação elevados podendo acarretar desconforto e ofuscamento.

5 CONCLUSÕES

O objetivo do trabalho consistiu em verificar o desempenho de iluminação natural no apartamento crítico do conjunto Serra Verde em Belo Horizonte. O projeto autogestionado tem característica peculiar no seu processo de concepção, devido à participação popular dos moradores em conjunto com a equipe de técnicos.

Na análise da NBR 15.575-1 e RTQ-R, foi possível inferir que o conjunto habitacional está de acordo com a legislação, apesar de algumas janelas serem menores que o indicado no RTQ-R. Foi verificado também através da Autonomia da Luz Natural Espacial que de forma geral há boa iluminância para uma residência. Entretanto, ainda que o mínimo seja atingido, tal não confere, necessariamente, um bom conforto lumínico natural e, conseqüentemente, térmico para a habitação. Considerou-se necessária a utilização de uma métrica como a UDI, que avalia uma faixa iluminâncias mínimas e máximas e, conseqüentemente, mais próxima a níveis de conforto ideal, segundo Mardaljevic (2011). Neste quesito o apartamento considerado como crítico também apresentou bom desempenho.

Compreende-se, portanto, que as normas de iluminância brasileiras preocupam-se apenas com o mínimo de *iluminação necessário*, mas não com um máximo ignorando o efeito de ofuscamento que pode causar aos usuários, além de implicar, muitas vezes, em um aumento de consumo de energia elétrica para suprir as necessidades de redução do calor causados, também, pela demasiada entrada de

radiação solar (fechamento de janelas e aumentando o uso de ventiladores e luz artificial por exemplo).

É importante ressaltar que, graças ao estudo de caso, foi possível perceber a limitação das normas e métricas brasileiras no que tange à iluminação natural, sendo sugerida uma revisão dessas para adotarem medidas como as do UDI. O método utilizado não considerou a medição *in loco* e tampouco a percepção dos moradores, entretanto, os valores encontrados pelas simulações e a análise das cartas solares foram consideradas suficientes para compreender a iluminância natural do conjunto como um todo.

Por fim, percebe-se que a edificação possui uma boa iluminação natural e refuta o estigma que, comumente, HIS possuem problemas com relação a esta questão. Considera-se ser possível, através de um processo de autogestão como esse, realizar projetos que tenham a participação dos usuários com boa qualidade, indo de encontro ao modelo básico de reprodução utilizado em boa parte do país e que não leva em consideração as condições climáticas locais ou até mesmo o desejo dos futuros moradores.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1: Edificações Habitacionais - Desempenho Parte 1: **Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013. 60 p.

ESCRITÓRIO DE INTEGRAÇÃO (Belo Horizonte). Residencial Serra Verde. 2014. Disponível em: <https://eiescritoriodeintegracao.wordpress.com/2014/12/01/residencial-serra-verde/>. Acesso em: 05 fev. 2019.

IESNA - ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. IESNA LM-83-12. Approved Method: **IESNA Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE)**. New York, 2012.

INMETRO. Portaria nº18/2012: **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética Edificações Residenciais**. 2012. 138 p.

LIMA, E. C.; LEDER, S. M. **Conforto Ambiental e Eficiência Energética na Reciclagem de Edifícios para Habitação de Interesse Social**. 2012. 13 p.

MARDALJEVIC, J.; ANDERSEN, M.; ROY, N.; CHRISTOFFERSEN, J. **Daylighting Metrics For Residential Buildings**. CIE 27th Session. Sun City (ZA). 2011. p. 93-111

MORAES, L. N.; PEREIRA, F. O. R. **Um Método Simplificado para Avaliação do Desempenho Dinâmico da Iluminação Natural**. XI ENCAC e VII ELACAC, Búzios, 2011. 10 p.

NABIL, MARDALJEVIC **Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings**, Lighting Res. Technol. 37,1,2005. pp. 41-59

NEW BUILDINGS INSTITUTE. **Daylighting Pattern Guide**. Disponível em: <https://patternguide.advancedbuildings.net/using-this-guide/analysis-methods/continuous-daylight-autonomy>>. Acesso em: 26 maio 2019.