

ILUMINAÇÃO NATURAL EM HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR: O CASO DO CONJUNTO RESIDENCIAL VIDEIRAS, SANTA MARIA, RS

DAYLIGHTING IN MULTI-FAMILY HOUSING: THE CASE OF THE VIDEIRAS RESIDENTIAL COMPLEX, SANTA MARIA, BRAZIL

 Liliana Martins Techio ¹

 Bruna Zambonato ²

 Giane de Campos Grigoletti ³

 Anderson Claro ⁴

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, lilianatechio@hotmail.com

² Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brazil, zambonato.brana@acad.ufsm.br

³ Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brazil, giane.c.grigoletti@ufsm.br

⁴ Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil, anderson.claro@ufsc.br


Contribuição dos autores:

LMT: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição. **BZ:** análise formal, investigação, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição. **GCG:** conceituação, curadoria de dados, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição. **AC:** conceituação, curadoria de dados, análise formal, metodologia, administração de projetos, programas, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição.

Fomento: Fundo de Incentivo à Pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria.

Declaração de conflito: nada foi declarado.

Editor Responsável:

Letícia de Oliveira Neves 

How to cite this article:

TECHIO, L. M.; ZAMBONATO, B.; GRIGOLETTI, G. de C.; CLARO, A. Iluminação natural em habitação multifamiliar: o caso do conjunto residencial videiras, Santa Maria, RS. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 12, p. e021007, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v12i00.8659780>

Resumo

A iluminação natural é importante tanto para a eficiência energética das edificações, quanto para o conforto visual e bem-estar dos usuários. Este artigo avalia a disponibilidade de iluminação natural no Conjunto Residencial Videiras, em Santa Maria, RS, empreendimento de habitação multifamiliar do Programa Minha Casa Minha Vida do governo federal. O método considerou a Autonomia da Luz Natural (DA) e a Iluminância Útil de Luz Natural (UDI), obtidas por simulação com o programa APOLUX. A avaliação considerou recomendações da NBR15575 e do RTQ-R, para três ambientes: (1) dormitório principal, (2) sala, (3) cozinha e lavanderia. A opinião de usuários também foi levantada, por meio de questionários. Os resultados obtidos por simulação indicam que são atendidos os níveis de iluminância preconizados pela NBR 15575 e pelo RTQ-R. No entanto, tomando como critério o nível 120 lux, este não é atingido em todos os cômodos simulados. A grande maioria dos usuários expressou satisfação com a iluminação natural disponível. Observou-se que os usuários desenvolvem tarefas domiciliares que exigem níveis mais altos de iluminância do que aqueles indicados nas normas e regulamentos brasileiros. A partir dos resultados, são indicadas diretrizes que visam contribuir para o melhor desempenho lumínico em habitações multifamiliares. Os resultados apontam também a necessidade de rever tais parâmetros nas normas para adequá-los à realidade social e econômica do contexto.

Palavras-chave: Iluminação natural. Habitação multifamiliar. Métricas baseadas no clima. Opinião dos usuários.

Abstract

Daylighting is important both for buildings' energy efficiency and for users' visual comfort and well-being. This article assesses natural lighting availability at Videiras Residential Complex, located in Santa Maria, a multifamily housing in Southern Brazil, part of the Brazilian federal government's Minha Casa Minha Vida Program. The method is based on daylight autonomy (DA) metrics and useful daylight illuminance (UDI) from computer simulation with the APOLUX software. The evaluation was carried out according to recommendations of Brazilian standards NBR15575 and RTQ-R, applied to three environments: (1) main bedroom, (2) living room, (3) kitchen, and laundry. User's opinion was also surveyed through questionnaires. The results obtained by simulation indicate that the illuminance levels recommended in NBR 15575 and RTQ-R are satisfied. However, some rooms did not satisfy the criteria of 120 lux. The majority of users expressed satisfaction with the available indoor natural lighting. Moreover, it was found that users perform household tasks that require higher levels of illuminance than those indicated in the Brazilian standards. Based on the results, guidelines that aim to contribute to multifamily dwellings' better lighting performance are indicated. Therefore, results point to the necessity of reviewing these parameters on standards to adapt them to the social and economic reality of the social and economic context.

Keywords: Daylighting. Multi-family house. Climate-based metrics. User satisfaction.



Introdução

A iluminação natural em edificações tem sido abordada a partir de três métodos principais: simulação, medição de campo e opinião dos usuários. Estas abordagens complementam-se e, isoladamente, apresentam potencialidades e limitações. Estudos baseados em simulação são eficazes para análises de longos períodos, com base em arquivos climáticos anuais (BOGO; PEREIRA; CLARO, 2009; LEDER; LEAL; LIMA, 2015). No entanto, a modelagem computacional pode não reproduzir com precisão os ambientes reais (DOGAN; PARK, 2020). Medições em ambientes reais contribuem para a validação e aperfeiçoamento de programas de simulação (KHARVARI, 2020). No entanto, apresentam limitações quando aplicadas de forma pontual, devido à variabilidade da iluminação natural no decorrer do dia e do ano. Já a opinião dos usuários, apesar de subjetiva, é fundamental para a compreensão do seu comportamento e preferências, e guia as definições de critérios de avaliação e diretrizes projetuais para melhor desempenho das edificações (GALASIU; VEITCH, 2006; MENDES; FABRÍCIO; IMAI, 2019; MORAIS; CARNEIRO; BARROS NETO, 2014; ORNSTEIN 2017).

Estudos têm focado na combinação destes métodos, para uma melhor interpretação e compreensão dos fenômenos físicos e humanos envolvidos. Wang, Wei e Ruan (2020) combinaram a opinião dos usuários, simulação computacional baseada em arquivo climático de referência e em dados de medições durante um ano para a avaliação da iluminação natural de residências de propriedade pública em Hong Kong. A satisfação com a iluminação natural teve influência na satisfação com a iluminação de modo geral, e as métricas da autonomia espacial da luz natural e da iluminância média máxima tiveram alta correlação com a satisfação dos usuários. Eriksson et al. (2019) combinaram dados de simulação, medição e satisfação dos usuários para edificações residenciais, de escritórios e escolares na Suécia. Os resultados identificam a correlação entre resultados de simulação e medição, e trazem percepções únicas em relação à preferência dos usuários por ambientes com boa iluminação natural. Destaca-se também a preferência dos usuários por melhor disponibilidade de luz natural na cozinha, enquanto comumente este ambiente apresenta baixos níveis de iluminação em medições e simulações. Além disso, as próprias variáveis de avaliação têm sido aperfeiçoadas, de forma a expressar a realidade da melhor maneira possível.

Nabil e Mardaljevic (2006) e Reinhart, Mardaljevic e Rogers (2006) propuseram um novo paradigma para a avaliação da disponibilidade de iluminação natural em edificações. As métricas propostas DA (autonomia da luz natural) e UDI (iluminância útil de luz natural) permitem a interpretação da disponibilidade da iluminação natural a partir de dados climatológicos representativos de um ano de referência, fornecendo dados horários, indo além dos dados estáticos como o DF (Daylight Factor) ou a CIN (Contribuição de Iluminação Natural) proposta pela norma brasileira NBR 15215 (ABNT, 2005). O índice DA expressa o percentual da área do plano de trabalho em que um nível mínimo de iluminância é mantido apenas com a luz natural durante o ano (NABIL; MARDALJEVIC, 2006; REINHART; MARDALJEVIC; ROGERS, 2006). A UDI expressa a porcentagem de horas em um ano em que a iluminância do ambiente avaliado permanece na faixa considerada de conforto visual – entre 100 e 2.000 lux, por exemplo – sendo que valores acima de 2.000 lux (incidência solar excessiva) ou abaixo de 100 lux (iluminação natural insuficiente) são considerados como zonas de desconforto (NABIL; MARDALJEVIC, 2006).

Em relação à opinião dos usuários, Mardaljevic, Heschong e Lee (2009) reforçam a importância de considerá-la nos modelos dinâmicos de iluminação natural. Ações como fechar ou abrir elementos de obscurecimento influenciam a disponibilidade de

iluminação natural no interior da edificação, podendo alterar um resultado obtido por meio de simulações sem considerar esta interferência. Andersen (2015) comenta que preferências individuais, como privacidade, temperatura e o próprio caráter da luz como experimentação estética, tornam difícil a tarefa de definir padrões. Os termos usados por Andersen (2015), diversidade e variabilidade, expressam como o usuário pode valorar a iluminação natural além de níveis meramente quantitativos. Um projeto que pretenda explorar todas as fronteiras possíveis da iluminação natural deve, então, incluir o usuário como elemento na avaliação, respeitando o seu contexto físico, psicológico, cultural, social e econômico.

Xue, Mak e Huang (2016) realizaram estudo a fim de definir quais métricas seriam mais indicadas para expressar o conforto visual dos usuários; conforto sendo entendido como a satisfação expressa pelas pessoas com o ambiente luminoso a sua volta. Os autores aplicaram questionários junto a moradores de um conjunto habitacional de Hong Kong a fim de levantar sua satisfação com a disponibilidade da iluminação natural na sala de estar de suas unidades habitacionais (UH) considerando sua percepção anual. Foi usada uma escala de cinco graus indo do fortemente insatisfeito até o fortemente satisfeito. Paralelamente, o questionário coletou dados sobre as UHs, como orientação, pavimento e sistemas de obscurecimento. As UH foram simuladas com os programas Daysim e EnergyPlus e com um arquivo climático local TMY. Os autores apontam que DA e distribuição de iluminâncias (razão entre a iluminância mínima e a iluminância média) foram as métricas que melhor expressaram a opinião dos usuários.

Com base no exposto, este artigo tem por objetivo avaliar a disponibilidade de iluminação natural no Conjunto Residencial Videiras (CRV), situado em Santa Maria, interior do RS, a partir de simulações com o programa APOLUX e pela opinião dos usuários. Com base nos resultados, aponta-se diretrizes a serem consideradas na revisão de normas específicas para este contexto e para o projeto deste tipo de edificação, além de discutir algumas limitações que necessitam ser reduzidas para aprimorar os métodos de avaliação baseados em simulações e opinião de usuários.

Método

O estudo adotou uma abordagem de método misto, combinando a avaliação da disponibilidade de iluminação natural a partir de simulação computacional com o programa APOLUX e de levantamento da opinião do usuário. As simulações foram analisadas a partir dos níveis de DA e UDI, considerando critérios de normativas vigentes e publicações científicas, e a opinião dos usuários foi analisada a partir da percepção da disponibilidade de iluminação natural, em uma escala de 5 pontos. Os resultados de ambas as análises foram triangulados a fim de fazer um diagnóstico da disponibilidade de iluminação natural, assim como propor diretrizes para revisões de normativas e projetos de edificações de tipologia similar à do objeto de estudo.

O objeto da pesquisa, o Conjunto Residencial Videiras (CRV), foi escolhido devido à possibilidade de contato com os moradores, para aplicação de questionários, e obtenção de dados necessários à simulação. Este conjunto, à época da pesquisa, em 2017, era o único habitacional multifamiliar promovido pelo Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) do governo federal, atendendo a Faixa de Renda I, na cidade de Santa Maria.

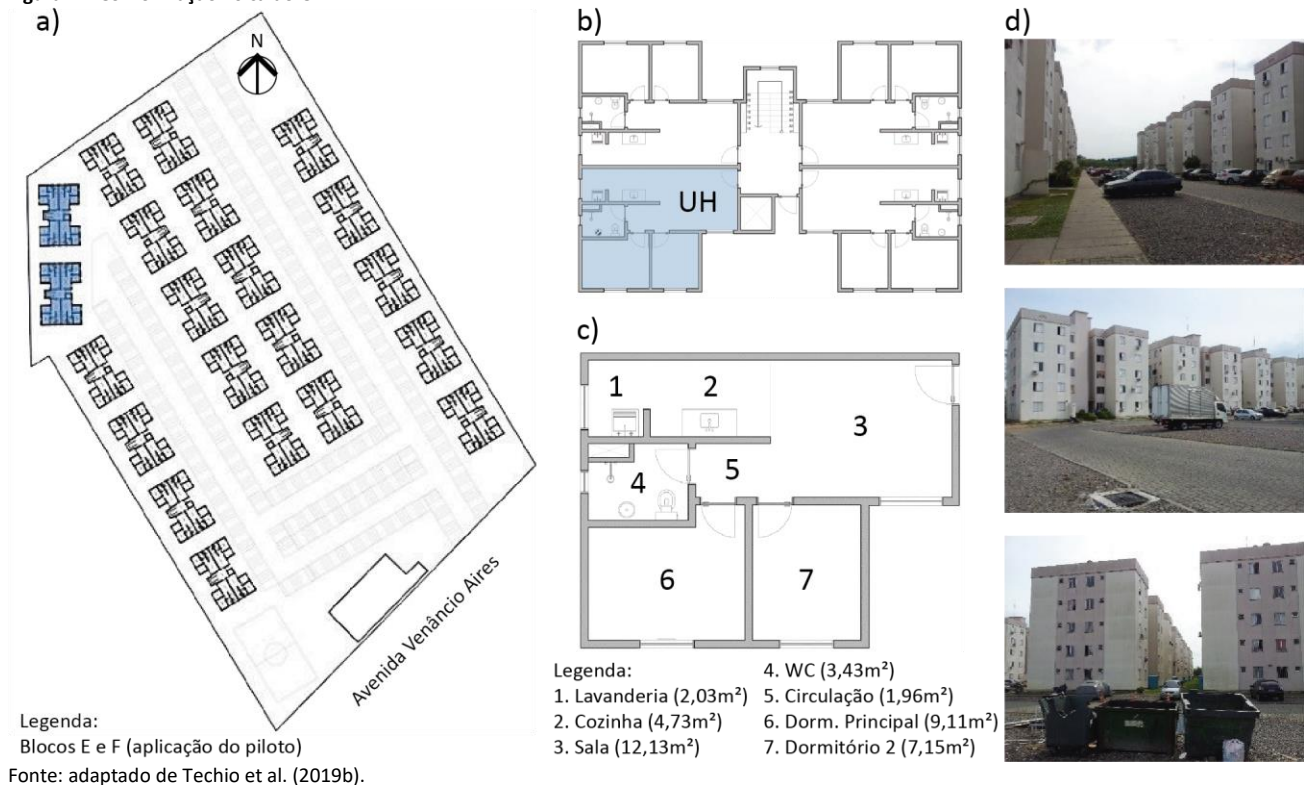
Contexto do estudo

Santa Maria, RS, situa-se a 29°42' de latitude sul, 53°42' de longitude oeste, com clima Cfa de acordo com a classificação de Köppen e Geiger, subtropical, sempre úmido e de verões quentes (TORRES; MACHADO, 2011). A disponibilidade de radiação solar e de

insolação (tempo em horas de brilho solar na superfície), em Santa Maria, é afetada pela grande frequência de nevoeiros (92 dias por ano), principalmente pela manhã. Nos meses de junho a agosto, a insolação está disponível em cerca de 5,1 horas por dia e, nos meses de dezembro e janeiro, ultrapassa 8 horas por dia (HELDWEIN; BURIOL; STRECK, 2009). A maior concentração de chuvas e, portanto, de céu totalmente encoberto, ocorre nos meses de junho e julho, no inverno, e em janeiro e fevereiro, no verão (SARTORI, 1979; SILVA et al., 2007). Desses dados, depreende-se a importância da avaliação da disponibilidade de iluminação natural ao longo do ano, e não em dias representativos, como equinócios e solstícios.

O CRV é composto por 420 apartamentos distribuídos em 21 blocos. Cada bloco, com cinco pavimentos e sem elevador, possui quatro UHs por pavimento. A Figura 1 ilustra a disposição dos blocos no lote, a planta tipo dos pavimentos, a distribuição dos cômodos e fotografias externas, onde é possível observar cores dos edifícios, sua disposição e revestimento do solo.

Figura 1 – Conformação física do CRV



Os blocos possuem a orientação diagonal, a 45 graus da linha norte-sul, à exceção de dois blocos (E e F, destacados em azul na Figura 1), os quais receberam a aplicação do estudo piloto, e não foram considerados na pesquisa. À época dos levantamentos, em 2017, os moradores já estavam habitando o local, no mínimo, há cinco anos, período considerado suficiente para sua adaptação. O pé-direito dos pavimentos é 2,51 m. Todas as UHs possuem dois dormitórios, um banheiro, sala, cozinha e área de serviço integrados, com área útil de 40,54 m². A pequena área dos apartamentos, com janelas em duas fachadas, contribui para a distribuição da iluminação natural captada em diferentes cômodos e refletidas pela unidade como um todo, uma vez que é comum os usuários deixarem as portas abertas, o que faz com que a luz se distribua, através de múltiplas reflexões, por todo o apartamento. A Tabela 1 apresenta a área dos cômodos, características das esquadrias, vão livre para iluminação e porcentagem em relação à área do piso. O uso de esquadrias com folhas opacas que ocupam a metade do vão, nos

dormitórios, reduz pela metade a área útil para iluminação. Porém, as aberturas atendem às exigências mínimas da legislação local.

Tabela 1 – Área dos cômodos e características das esquadrias

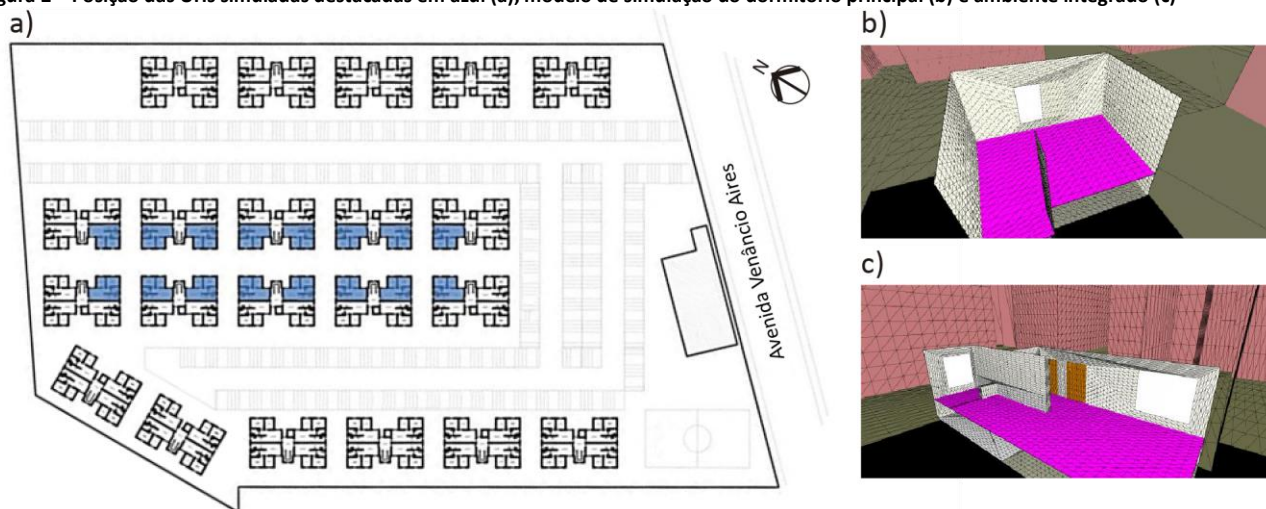
Ambiente	Área do ambiente (m ²)	Características das esquadrias	Vão livre efetivo (m ² – % do piso)
Dormitório principal	9,11	De correr com três folhas (com venezianas); 1,20x1,20 m ² = 1,44 m ²)	0,64 m ² – 7,03%
Ambiente integrado	20,85	De correr com duas folhas (sem venezianas); 1,40x1,20 m ² = 1,68 m ² (sala); 1,00x1,20 m ² = 1,20 m ² (área de serviço)	2,30 m ² – 11,03%

Fonte: Techio et al. (2019a).

Simulação com o programa APOLUX IV

O APOLUX IV, desenvolvido na UFSC (<http://foton.arq.ufsc.br/>), é um programa de uso livre. Para as simulações, foram avaliadas as UHs do térreo, 3° e 5° pavimentos com menores afastamentos entre blocos (7 m e 5,5 m) e orientações sudeste, nordeste, noroeste e sudoeste, conforme Figura 2. Foram simulados os cômodos dormitório principal (com maior área) e ambiente integrado (sala de estar, cozinha e lavanderia), sem móveis. Foram geradas 24 simulações, das quais 12 abrangem o dormitório principal e 12 o ambiente integrado, nas quatro orientações das UHs (sudeste, nordeste, noroeste e sudoeste), para os três pavimentos (térreo, 3° e 5°).

Figura 2 – Posição das UHs simuladas destacadas em azul (a), modelo de simulação do dormitório principal (b) e ambiente integrado (c)



Fonte: adaptado de Techio (2018).

O método Coeficientes de Radiosidade, exclusivo do APOLUX, é baseado no fracionamento dos planos em vértices e considera a “relação entre a quantidade de luz que parte de um ponto em uma superfície e a que chega a um ponto no plano de análise, depois de uma certa quantidade de inter-reflexões” (CLARO, 2015, p. 77). O plano de referência para as simulações está a 75 cm do piso (INMETRO, 2012; ABNT, 2013). No dormitório, os cálculos realizados resultaram em cerca de 380 pontos de análise. No ambiente integrado, os cálculos resultaram em cerca de 840 pontos.

As refletâncias adotadas foram definidas a partir do Memorial Descritivo do projeto, considerando, portanto, as UHs desocupadas. As portas internas foram simuladas fechadas (pior situação). As propriedades ópticas das superfícies e materiais foram definidas como opaco difuso (paredes, tetos, pisos, portas internas), transmissor especular (vidros) e uniforme luminância relativa ao céu (superfícies verticais e horizontais externas).

Para o parâmetro associado ao céu, que, numa escala crescente de resolução, vai de 1 a 8, adotou-se a resolução 6. Esta resolução corresponde 52.670 divisões da abóbada, ou 90 faixas, com margem de erro equivalente a 5% (CUNHA, 2011).

O arquivo climático, SWERA (.epw), foi obtido junto ao LABEEE (2018). O período diário usado nas simulações correspondeu ao intervalo entre 6 horas e 18 horas, ou seja, 12 horas por dia. Foram processadas 4.129 horas uma vez que o programa elimina horários em que o Sol está muito próximo do horizonte ou horas com dados inconsistentes (CLARO, 2015). O número de ciclos de inter-reflexões adotado nas simulações foi 10, ou seja, para a determinação dos níveis de iluminância finais foi considerada uma sucessão de inter-reflexões da luz entre as superfícies do ambiente em número de 10 vezes.

Os critérios usados na avaliação são preconizados por Reinhart, Mardaljevic e Rogers (2006), pela NBR 15575 (ABNT, 2013), pelo RTQ-R (INMETRO, 2012) e por Nascimento (2016). Para DA, adotou-se 120 lux (DA1) e 60 lux (DA2), conforme NBR 15575 (ABNT, 2013). Para UDI, 60 lux, 120 lux e 2.000 lux como limites mínimo, médio e superior respectivamente. Também foram gerados gráficos para DA1 (percentual do tempo em que as iluminâncias alcançam ou superam 120 lux) e para UDI acima de 2.000 lux (UDIsup). O Quadro 1 apresenta os parâmetros climáticos e físicos usados na simulação com o APOLUX IV.

Quadro 1 – Parâmetros de simulação do CRV

Parâmetros	Valores	Parâmetros	Valores
Período de simulação	Todos os dias, entre 6 h e 18 h	Globo	6 (52.670 parcelas - 90 faixas)
Condição de céu	Céu dinâmico	Coordenadas geográficas (abóbada)	Lat. 29°68' Long. 53°80' 151 m
Orientação geográfica	Norte, sul, leste e oeste	DA	60 lux; 120 lux
Localização ambientes	Térreo, 3º e 5º pavimentos	UDI	60 lux; 120 lux; 2.000 lux
Condição das janelas	Totalmente abertas	Número de ciclos	10 ciclos
Condição da iluminação artificial	Desligada	Refletância do solo	30% (CUNHA, 2011)

Fonte: Techio et al. (2019a).

Gerou-se o percentual de horas anuais, considerando apenas a luz natural (LN), sobre a superfície de referência a 75 cm do piso, em que os níveis de iluminância nos pontos de medição virtual se mantêm iguais ou acima dos valores de referência 60 lux e 120 lux (Tabela 2) e a porcentagem de tempo anual em que estão nos intervalos 60 lux a 120 lux e 120 lux a 2.000 lux (Tabela 3).

Tabela 2 – Critérios para avaliação do DA

Níveis de iluminância (lux)	DA2 (%) de horas com no mínimo 60 lx	PAda2 (%) de área com no mínimo 60 lx 70% h/ano	DA1 (%) de horas com no mínimo 120 lx	PAda1 (%) de área com no mínimo 120 lx 70% h/ano
60	DA2≥70%	PAda2≥70%	-	-
120	-	-	DA1≥70%	PAda1≥70%

Fonte: adaptado de NBR 15575 (ABNT, 2013) e RTQ-R (INMETRO, 2012).

Tabela 3 – Critérios para avaliação do UDI

(PHudi1) UDInf + UDImed Porcentagem de horas no intervalo 60 lx – 2.000 lx	(PHudi2) UDImed Porcentagem de horas no intervalo 120 lx – 2.000 lx
-	PHudi2 ≥ 80% (Superior)
PHudi1 ≥ 80% (Intermediário)	-
70% ≤ PHudi1 < 80% (Mínimo)	-
PHudi1 < 70% (Insuficiente)	-

Fonte: adaptado de Nascimento (2016).

Opinião dos usuários

Para o levantamento da opinião dos usuários, aplicou-se questionários em 79 UHs (com erro de até 10%). As características internas das UHs foram registradas em ficha técnica e em fotografias. Na Figura 3 estão representados o questionário e a ficha técnica usados. Os procedimentos realizados foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Maria (CAAE 69002517.1.0000.5346, Parecer No. 2.243.344), com a finalidade de assegurar os princípios éticos do trabalho.

Figura 3 – Questionário e ficha de registro de observações técnicas

NÍVEL DE SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS DO RESIDENCIAL VIDEIRAS COM RELAÇÃO A ILUMINAÇÃO NATURAL

Data: / /2017 Horário: hs min Tipo de céu:

Identificação do morador:
 Nome: Idade: Sexo: () F () M
 Escolaridade: Profissão: Reside há:
 Unidade:
 Bloco: Apartamento:
 Andar: Orientação Solar: () N () S () L () O

QUESTIONÁRIO:

1. Você possui algum problema de visão? Se sim, qual? Como trata?

2. Em geral, você acha a iluminação natural do seu apartamento:

() Péssima () Ruim () Regular () Boa () Excelente

3. Você costuma ligar as lâmpadas durante o dia:
 () Sempre () Muitas vezes () Às vezes () Raramente () Nunca

3.1. Em que turno do dia você costuma ligar as lâmpadas?
 () Manhã () Tarde () O dia todo

3.2. Em que época do ano você costuma ligar as lâmpadas durante o dia?
 () Primavera () Verão () Outono () Inverno () O ano todo

3.3. Você costuma ligar as luzes durante o dia quando:
 () Está nublado () Tem sombra de outro prédio () Fecha a persiana por causa do sol () Sem motivo nenhum, por hábito () Outro motivo:

4. Quais as atividades realizadas na sala?
 () Descanso () Assistir TV () Leitura () Refeições () Outra:

5. Quais as atividades realizadas na cozinha/lavanderia?
 () Cozinhar () Lavar () Secar () Passar () Outra:

6. Quais as atividades realizadas no dormitório principal?
 () Descanso () Assistir TV () Leitura () Maquiagem () Outra:

7. Sem ligar as lâmpadas, durante o dia, a iluminação da sua sala é:

() Péssima () Ruim () Regular () Boa () Excelente
 () Manhã () Tarde () Manhã () Tarde () Manhã () Tarde () Manhã () Tarde

8. Sem ligar as lâmpadas, durante o dia, a iluminação da sua cozinha é:

() Péssima () Ruim () Regular () Boa () Excelente
 () Manhã () Tarde () Manhã () Tarde () Manhã () Tarde () Manhã () Tarde

9. Sem ligar as lâmpadas, durante o dia, a iluminação do dormitório é:

() Péssima () Ruim () Regular () Boa () Excelente
 () Manhã () Tarde () Manhã () Tarde () Manhã () Tarde () Manhã () Tarde

10. Observações:

FICHA PARA LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES:

Data: / /2017 Horário: hs min Tipo de céu:

Bloco: Apartamento:
 Andar: Orientação Solar: () N () S () L () O

1. A luz artificial durante a vistoria estava: (L) Ligada (D) Desligada
 Sala Cozinha/Lavanderia Dormitório

2. As persianas se encontravam: (F) Fechadas (A) Abertas
 Sala Dormitório

3. Incidência de radiação solar direta? (S) Sim (N) Não
 Sala Cozinha/Lavanderia Dormitório

4. Verificado sombreamento? (S) Sim (N) Não
 Sala Cozinha/Lavanderia Dormitório

5. Cor: 1. Claro 2. Tom médio 3. Escuro
 Sala Cozinha/Lavanderia Dormitório

Paredes Teto Piso

6. Tipo de acabamento:
 Sala Cozinha/Lavanderia Dormitório

Paredes Teto Piso

7. Móveis: 1. Claros 2. Tom médio 3. Escuros
 Sala Cozinha/Lavanderia Dormitório

8. Tipo de vidro das janelas:
 () Liso e Transparente () Laminado () Jateado () Colorido () Outro:

9. Quais são os móveis que ficam próximos às janelas?
 Sala Cozinha/Lavanderia Dormitório

10. Demais observações relevantes:

Nota: Devido à inclinação das UHs em relação ao norte, adotou-se as quatro orientações solares principais para a identificação das UHs no pavimento tipo, sendo N a UH mais a norte, com aberturas a noroeste e nordeste; S a UH mais a sul, com aberturas a sudoeste e sudeste; L a UH mais a leste, com aberturas a nordeste e sudeste; e O a UH mais a oeste, com aberturas a noroeste e sudoeste. Fonte: Techio et al. (2019b).

O questionário e as fichas se basearam em avaliações da UH como um todo e em três ambientes principais: (1) dormitório principal, (2) sala, (3) cozinha e lavanderia. Levantou-se as atividades desenvolvidas em cada ambiente, observando a existência de alguma que pudesse fugir ao padrão das encontradas em ambientes residenciais. No caso da ocorrência de atividades que exijam maior acuidade visual, é importante a recomendação de níveis mais altos de iluminação. Também se investigou o padrão de uso da luz artificial durante o dia, a frequência que é acionada pelos usuários, em que turno e época do ano e os principais motivos que os levam a utilizar este recurso.

Para a percepção subjetiva da disponibilidade de iluminação natural, utilizou-se uma escala de valores de 1 a 5 pontos. A partir das respostas, foi possível levantar a opinião dos usuários em relação à iluminação natural para a UH como um todo e para os ambientes simulados - dormitório principal e ambiente integrado (sala, cozinha e área de serviço). Embora a opinião dos usuários tenha considerado dois ambientes

separados (sala e cozinha com lavanderia), devido a esses dois ambientes serem integrados, foram simulados juntos. Buscou-se apurar a opinião para os dois turnos, manhã e tarde. Em relação à ficha técnica, as características foram levantadas a partir de observação direta.

As fichas técnicas objetivaram registrar as cores das principais superfícies (piso, paredes e teto) e do mobiliário, além da existência de controle da luz natural. Durante os levantamentos, observou-se que a quantidade de móveis e sua disposição não variava significativamente entre as UH, devido à exiguidade dos ambientes, que possibilitava poucas soluções de leiaute.

Foi desenvolvido um modelo probabilístico, Modelo Logito de Razão Contínua, com base no delineamento amostral, com o *software* R versão 3.4.3, o qual possibilita compreender quais variáveis tiveram maior influência nos níveis de satisfação. Pode-se, assim, entender o comportamento da LN sob a ótica dos usuários. As variáveis explicativas foram a existência ou não de problema de visão, orientação da UH, pavimento e tonalidades de cores registradas. O padrão de referência foi o apartamento de orientação nordeste, pavimento térreo, que possui móveis em cores claras e com usuário sem problema de visão.

Ao final, faz-se uma discussão sobre as limitações das duas abordagens e as diferenças entre a abordagem por simulação e a opinião dos usuários.

Resultados e discussão

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos para DA1, DA2, PAdA1 e PAdA2, segundo a orientação solar da UH, com a porcentagem de horas do ano e de área do ambiente em que os valores de referência 60 lux e 120 lux são mantidos. As células em azul indicam os ambientes que não atendem aos critérios adotados.

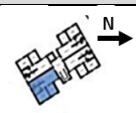
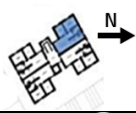
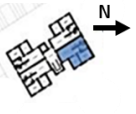
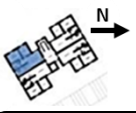
Tabela 4 – Resultados de DA1 e DA2 e porcentagem da área com iluminação de referência

Orientação	Pavimento	Dormitório				Sala/cozinha/área serviço			
		DA1 % horas 120 lx	PAdA1 % área 120 lx	DA2 % horas 60 lx	PAdA2 % área 60 lx	DA1 % horas 120 lx	PA da1 % área 120 lux	DA2 % horas 60 lx	PAdA2 % área 60 lx
	Térreo	57,2	30,7	80,5	87,0	56,9	30,7	75,6	81,8
	3º	71,4	57,4	87,6	99,4	68,6	62,7	82,7	87,2
	5º	86,5	96,1	94,7	100,0	83,8	87,3	92,7	92,8
	Térreo	56,9	31,1	80,7	88,9	59,9	39,1	77,9	83,2
	3º	71,0	55,4	88,0	99,4	71,9	68,4	84,9	87,8
	5º	87,4	95,6	96,4	100,0	86,1	87,6	94,0	92,9
	Térreo	55,1	29,4	79,6	82,8	61,1	40,1	78,4	83,8
	3º	69,0	52,5	87,0	98,8	71,9	68,9	84,9	87,9
	5º	85,9	94,9	94,6	100,0	84,9	88,1	93,4	93,0
	Térreo	56,9	30,6	80,3	85,2	59,0	38,2	77,2	82,6
	3º	70,6	56,4	87,4	99,4	71,5	68,2	84,4	87,7
	5º	86,9	95,1	96,1	100,0	86,6	88,3	94,4	93,8

Fonte: Techio et al. (2019a).

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos para UDI, nos intervalos de 60 lux a 2.000 lux e 120 lux a 2.000 lux.

Tabela 5 – Resultados de PHudi1 e PHudi2

Orientação	Pavimento	Dormitório			Sala/cozinha/área serviço		
		PHudi1 Porcentagem de horas no intervalo 120 – 2.000 lux	PHudi2 Porcentagem de horas no intervalo 60 – 2.000 lux	Classificaçã o	PHudi1 Porcentagem de horas no intervalo 120 – 2.000 lux	PHudi2 Porcentagem de horas no intervalo 60 – 2.000 lux	Classificaçã o
	Térreo	56,6%	79,9%	M	56,0%	74,8%	M
	3º	70,0%	86,3%	I	66,0%	80,1%	I
	5º	83,4%	-	S	74,5%	83,4%	I
	Térreo	56,4%	80,2%	I	58,8%	76,8%	M
	3º	69,7%	86,6%	I	68,4%	81,5%	I
	5º	83,6%	-	S	77,3%	85,2%	I
	Térreo	54,9%	79,4%	M	60,0%	77,4%	M
	3º	68,3%	86,3%	I	68,8%	81,8%	I
	5º	83,7%	-	S	77,7%	86,3%	I
	Térreo	56,2%	79,6%	M	57,8%	76,0%	M
	3º	69,0%	85,8%	I	67,8%	80,7%	I
	5º	83,0%	-	S	74,9%	82,6%	I

Fonte: Techio et al. (2019a).

Para DA e PAdA, são atendidos os 60 lux mínimos preconizados pela NBR 15575 (ABNT, 2013), em 70% da área dos ambientes ou em 70% das horas anuais com luz disponível. Quando a referência é 120 lux, apenas as UHs no quinto pavimento atendem aos critérios. O térreo e o terceiro pavimento não atendem ao critério de 70% da área com no mínimo 120 lux. Já para 70% das horas com 120 lux, o térreo não satisfaz o critério, independente da orientação do cômodo. O terceiro pavimento não atende para dormitórios voltados a nordeste e para ambientes integrados voltados a sudeste. Os ambientes integrados possuem duas janelas em paredes opostas, que contribuem para uma melhor quantidade e distribuição da iluminação natural. No entanto, em termos de quantidade de luz disponível, essa configuração não é suficiente. O afastamento entre os blocos, no eixo principal onde se situam as UH simuladas, é 7 m. No sentido transversal, este afastamento é 5,5 m. Estes afastamentos são insuficientes até o 3º pavimento, pelo menos, para alcançar o mínimo de LN, conforme observa-se nas simulações. Mantendo-se estes afastamentos, seria necessário aumentar a área das aberturas.

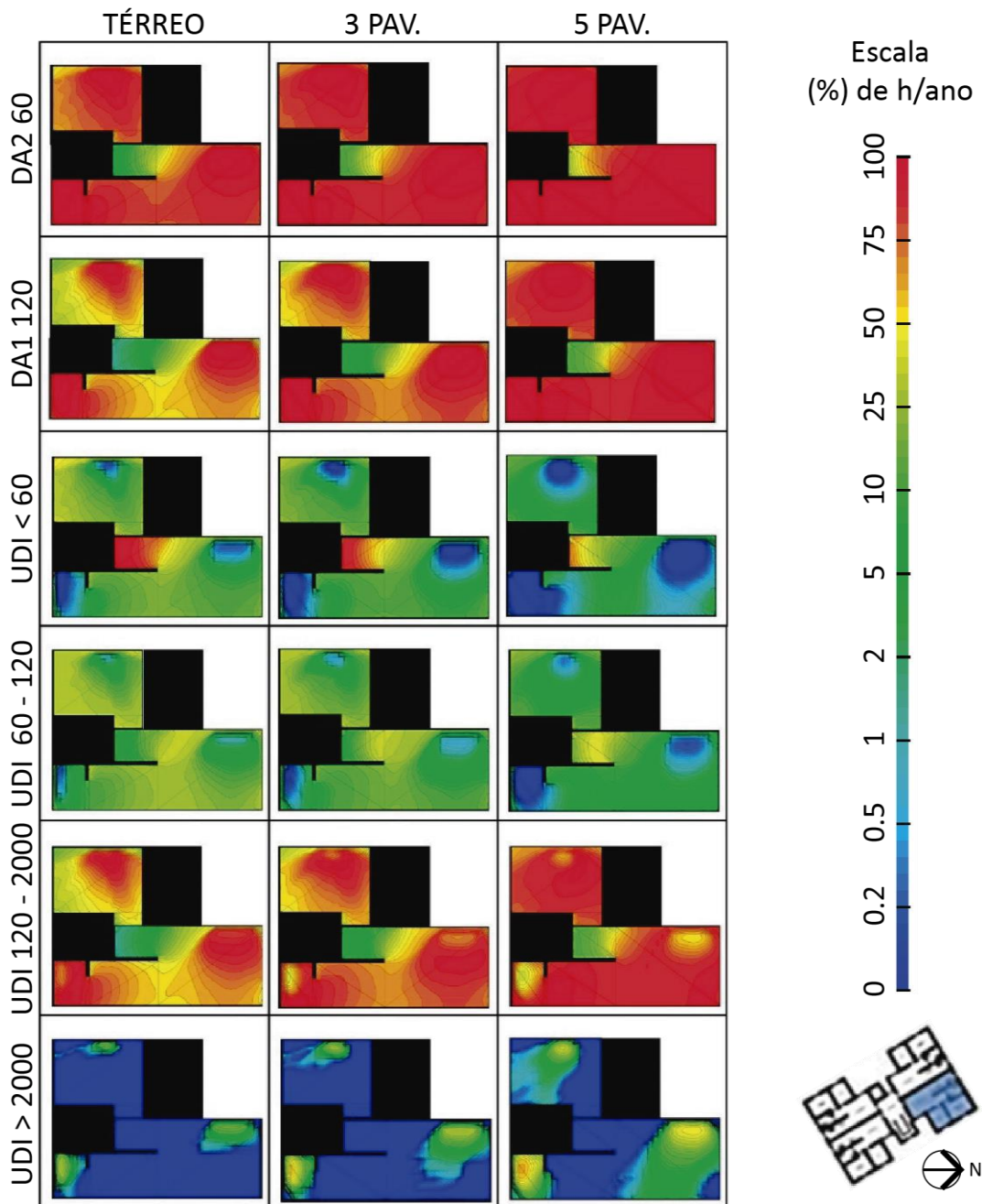
Considerando os resultados para UDI, o resultado é Superior, de acordo com a classificação de Nascimento (2016) para os dormitórios no 5º pavimento. Para o térreo, todos os ambientes atingiram a classificação Mínimo, com exceção do dormitório com janela orientada a sudoeste. Para o 3º pavimento, a classificação é Intermediário. De acordo com esta variável, o térreo continua sendo o pavimento com a iluminação natural mais comprometida e o 5º pavimento, com melhores resultados. O ambiente integrado não atingiu, mesmo no 5º pavimento, a classificação Superior.

A Figura 4 apresenta os resultados em relação à distribuição das porcentagens de horas alcançadas para os valores de referência de DA e UDI dos níveis de iluminância para as unidades orientadas a nordeste. Observa-se, para o dormitório principal, zonas não atendidas com os níveis de iluminância de referência, DA1 (120 lux) e DA2 (60 lux), principalmente para o térreo e o 3º pavimento. A parede à esquerda da janela e a área, em planta, próxima a ela, apresentam as menores porcentagens, representadas pelas cores laranja claro, amarelo, tons de verde e azul. Para o ambiente integrado, considerando DA1, térreo e 3º pavimento, a área central do ambiente apresenta valores mais baixos de disponibilidade deste nível ao longo do ano. Já para UDI, o intervalo

entre 120 lux e 2.000 lux, é o que apresenta maior porcentagem. Para este mesmo parâmetro, a área à esquerda da janela do quarto principal e a área central do ambiente integrado apresentam as menores porcentagens. Esta análise pode colaborar com a distribuição do mobiliário (leiaute), de tal forma a posicionar superfícies onde serão realizadas tarefas visuais nas áreas onde os níveis de iluminância mantenham-se, no decorrer do ano, dentro do intervalo estipulado como de conforto (entre 120 lux e 2.000 lux). Observa-se também que níveis mais altos do que 2.000 lux possuem baixa ocorrência no decorrer do ano, a não ser em zonas próximas a janelas.

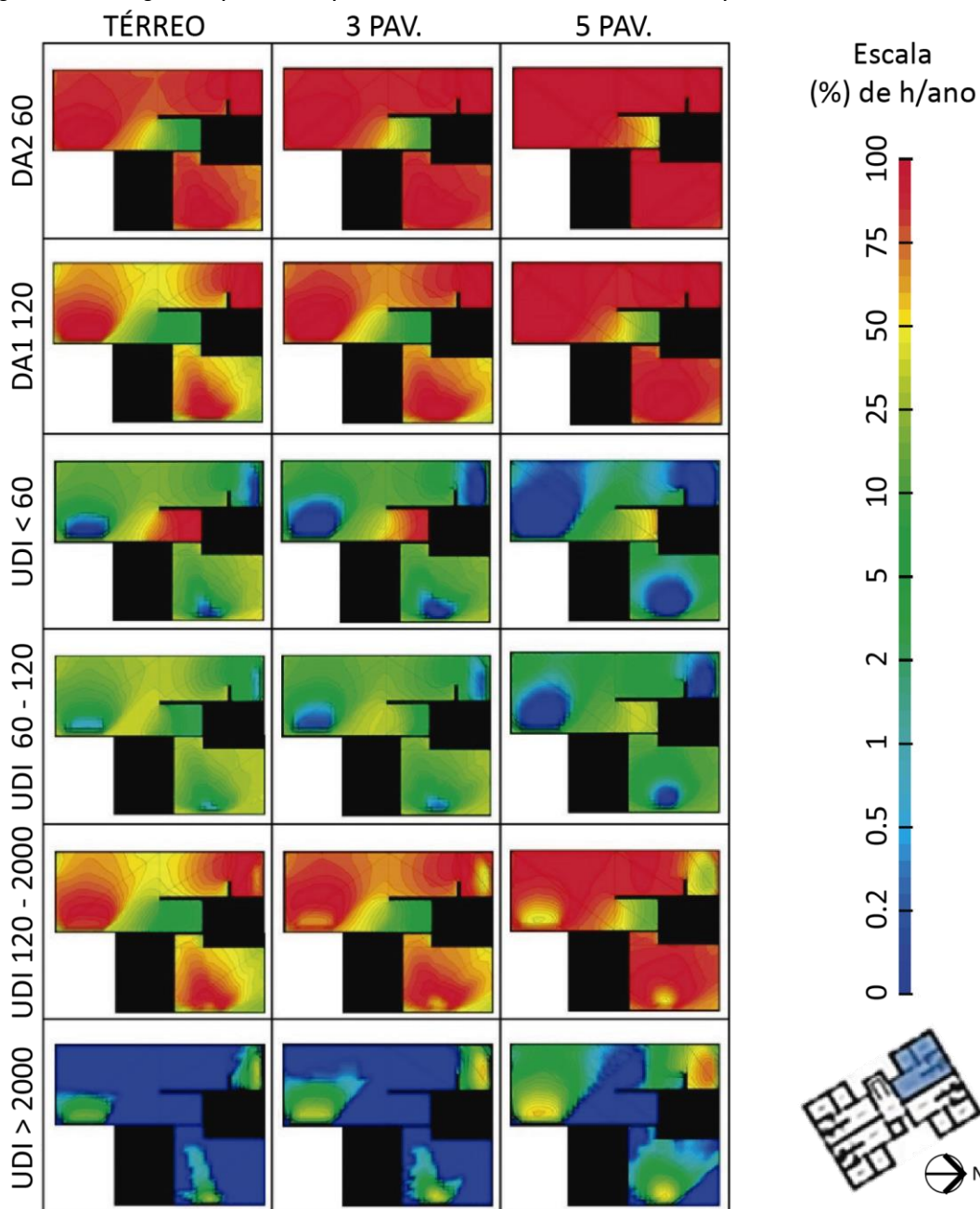
As UH orientadas a sudoeste (Figura 5) possuem um comportamento similar às UH orientadas à nordeste (Figura 4).

Figura 4 – Porcentagens, em planta baixa, para DA e UDI, conforme níveis de iluminância, para UH orientada a nordeste



Fonte: Techio et al. (2019a).

Figura 5 – Porcentagens, em planta baixa, para DA e UDI, conforme níveis de iluminância, para UH orientada a sudoeste



Fonte: Techio et al. (2019a).

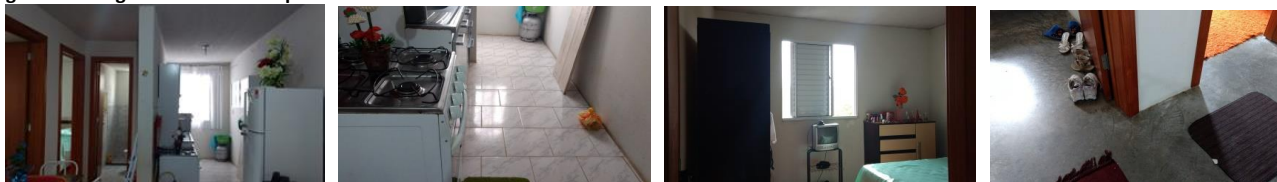
Opinião dos usuários

A aplicação de questionários e o levantamento de características físicas das unidades habitacionais foram realizados em três dias, de setembro a outubro de 2017, abrangendo dois turnos, manhã entre 8:25 h e 11:30 h e tarde entre 13:00 h e 17:45 h. Foram vistoriadas, em 15 blocos, 89 UH (23 do térreo; 14 do 3º pav.; 15 do 4º pav.). O céu estava claro em 34% do tempo, parcialmente encoberto em 58% e encoberto em 8%. Quanto à orientação, 24 UH voltam-se a oeste, e 19 a norte. Dentre os respondentes, 55,7% pertencem à faixa etária entre 30 e 59 anos, 30,7% acima de 60 anos e 13% abaixo de 18 anos, sendo 82% do sexo feminino e 18% do sexo masculino. Dos entrevistados, 56% declararam ter algum problema de visão, o que poderia interferir na sua avaliação da LN. Entretanto, não foi possível estabelecer uma ligação direta entre a opinião e o tipo

de limitação visual, visto que grande parte dos participantes não soube informar a deficiência visual que possuía.

O mobiliário das salas e dormitórios apresentou tonalidade média em 70% das UH vistoriadas, enquanto nas cozinhas e lavanderias, 70% dos móveis eram claros. Em 18% das salas foram encontrados móveis com tons escuros. Um dado que se repetiu na grande maioria das UH é o teto na cor branca original, em 86 das 89 UH (97% da amostra). Pisos considerados escuros estavam em 10% das salas e 9% dos dormitórios. As paredes eram predominantemente claras (mais de 80% dos ambientes). Algumas UH não sofreram alterações nos revestimentos internos originais, mantendo paredes brancas, piso de cimento polido na sala e dormitórios e piso cerâmico cinza claro na cozinha e lavanderia (Figura 6).

Figura 6 – Imagens internas dos apartamentos



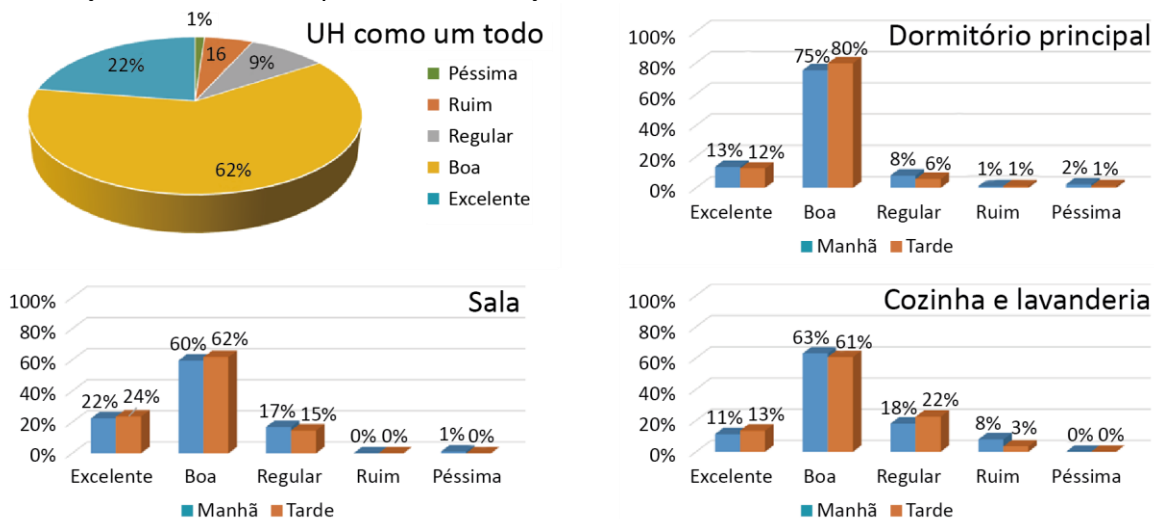
Fonte: Techio (2018).

Em relação às atividades desempenhadas nos ambientes, apesar da cozinha e lavanderia estarem integradas com a sala, optou-se por avaliá-las separadamente nos questionários, visto que estes espaços normalmente apresentam usos distintos. O dormitório teve uso principal para descanso (100%), seguido por assistir televisão (54%), leitura (34%), maquiagem (18%) e outras atividades menos recorrentes como fazer crochê, costurar e passar (13%). As atividades realizadas na sala são assistir televisão (88%), realizar refeições (87%) e descanso (61%). Das atividades que exigem maiores níveis de iluminância, a leitura foi a resposta mais recorrente, com 44%. Também foram apontados costura, crochê, uso do computador, passar roupas, cozinhar, maquiagem e comércio – mencionadas em 27 UH, ou 30% da amostra. O ambiente formado pela cozinha e lavanderia apresentou atividades usualmente desempenhadas em edificações residenciais, como cozinhar e lavar (quase 100% da amostra), seguidas por secar e passar (58% e 11%, respectivamente).

A sala e o dormitório principal são usados para diversas tarefas excêntricas a esses locais – costurar, fazer crochê, passar roupas, ler, cozinhar – as quais exigem maiores níveis de iluminância para que possam ser executadas sem esforço e sem prejuízos ao conforto visual. Entretanto, as normativas e regulamentos vigentes, tais como a NBR 15575 (ABNT, 2013) e o RTQ-R (INMETRO, 2012) não fazem menção a esses tipos de tarefas em ambientes residenciais. Muitas dessas tarefas geram renda e podem ser consideradas laborais.

Em relação à satisfação com a iluminação natural (Figura 7), 84% a classificaram como boa ou excelente e 16% como regular, ruim ou péssima. Quanto à posição das UH com usuários insatisfeitos, 35% eram do 2º pavimento, 29% de unidades térreas e 22% do último pavimento, caindo para 14% no 3º pavimento e nenhum relato de insatisfação no 4º pavimento. Este resultado indica desconforto pela falta ou excesso de luz em determinados momentos do dia.

Figura 7– Satisfação dos usuários com a disponibilidade de iluminação natural



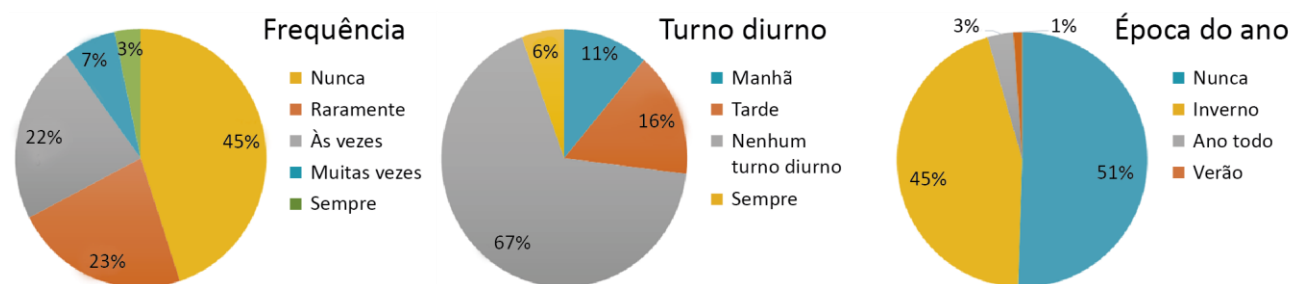
Fonte: Techio et al. (2019b).

Para o dormitório principal, em torno de 90% dos participantes consideraram a iluminação natural boa ou excelente nos turnos da manhã e da tarde. Houve poucas classificações da iluminação natural como regular, ruim ou péssima (10%). Ao analisar o posicionamento solar para os dormitórios com usuários insatisfeitos, não houve relação entre essas duas variáveis. Em relação à sala, 82% classificaram como excelente ou boa no turno da manhã e 86% durante a tarde. Aproximadamente 16% dos usuários classificaram a iluminação natural da sala como regular e apenas um morador classificou como péssima pela parte da manhã. O ambiente da cozinha e lavanderia também teve respostas similares para os dois turnos, com 74% de classificação excelente ou boa.

O ambiente cozinha e lavanderia apresentou o maior índice de insatisfeitos (em torno de 25% avaliaram como regular ou ruim). Considerando-se que muitas tarefas do cotidiano doméstico são desenvolvidas na cozinha e lavanderia, os resultados sugerem que, para esses ambientes, a LN poderia contribuir para o melhor desempenho dessas tarefas.

A Figura 8 apresenta a frequência de uso da luz artificial durante o dia, turno em que a luz artificial é mais necessária, e a época do ano correspondente.

Figura 8 – Uso da luz artificial no período do dia: frequência diária; turno diurno e época do ano

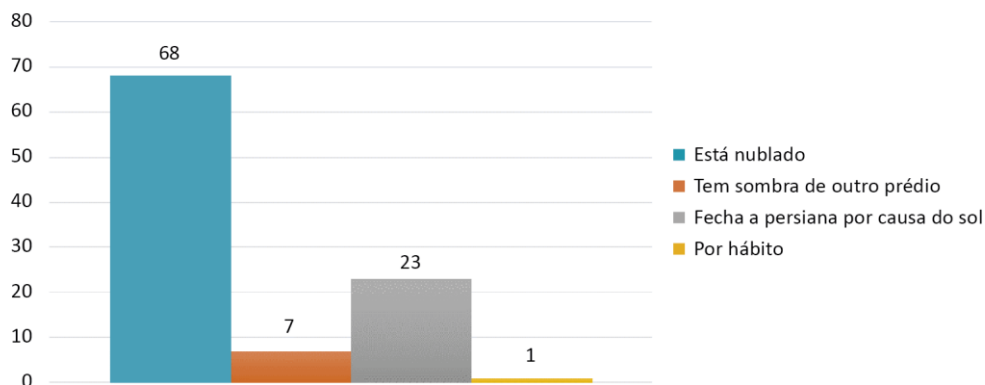


Fonte: Techio et al. (2019b).

Dos entrevistados, 68% informaram nunca ou raramente ligar as luzes durante o dia, 22% ligam às vezes e 10% muitas vezes ou sempre durante o dia. Apesar do elevado nível de satisfação dos usuários, é significativo o número de casos em que as luzes são acionadas em algum momento do dia. Durante o período das vistorias, observou-se um total de 10

UH (11% da amostra) com pelo menos uma lâmpada ligada (7 na sala, 3 no dormitório e 1 na cozinha). Segundo os entrevistados, as luzes costumam ser acesas com maior frequência no turno da tarde (16%) do que no turno da manhã (11%). Quanto à época do ano em que se costuma utilizar iluminação artificial durante o dia, 51% dos moradores informam nunca usar a iluminação artificial durante o dia, já 45% disseram que costumam ligar as luzes no inverno, indo ao encontro dos dados climáticos referentes à presença de nebulosidade nesse período, que reduz a LN disponível (Figura 9). Apesar da alta satisfação com a iluminação natural nas UH, quase 50% dos usuários utilizam a iluminação artificial em alguma época do ano durante o dia.

Figura 9 – Motivos que levam ao acionamento da iluminação artificial



Fonte: Techio et al. (2019b).

Céu nublado foi apontado por 76% dos respondentes como motivo para acionar a iluminação artificial, enquanto 26% justificaram em função do sol incidente nas janelas, o que indica a ocorrência de desconforto por ofuscamento nestas UH. Outro motivo citado foi o sombreamento causado pelos outros edifícios, reportado em 7 UH. Dessas, seis eram térreas e uma no 2º pavimento, indicando a influência do entorno. Observa-se que os afastamentos entre blocos respeitam o exigido pela Lei de Uso e Ocupação do Solo de Santa Maria (LUOS) (SANTA MARIA, 2009). Porém, isso não impede níveis insuficientes de LN no interior das UH.

A Tabela 6 apresenta o resumo do modelo probabilístico estimado para os dados coletados. As variáveis mais significativas estão destacadas em azul (Z valor maior que 1 ou menor que -1).

Tabela 6 – Resumo do modelo logito de razão contínua para o nível de satisfação com a LN

Variáveis	Estimativa**	Erro padrão	Z valor*	Significância***
Problema de Visão	0,6911	0,4945	1,398	16,22%
Orientação Solar – Sul	0,1841	0,6613	0,278	78,07%
Orientação Solar – Leste	0,8280	0,6995	1,184	23,65%
Orientação Solar – Oeste	0,2127	0,6827	0,312	75,53%
2º Pavimento	0,1593	0,6407	0,249	80,37%
3º Pavimento	0,4655	0,7741	0,601	54,76%
4º Pavimento	3,2562	0,8224	3,959	0,008%
5º Pavimento	0,7270	0,7491	0,971	33,17%
Cor dos móveis da Sala – Médio	-2,2313	0,7918	-2,818	0,48%
Cor dos móveis da Sala – Escuro	-2,2979	0,8757	-2,624	0,87%
Cor dos móveis da Coz./Lav. – Médio	0,2834	0,5228	0,542	58,77%
Cor dos móveis da Coz./Lav. – Escuro	-1,8138	1,2928	-1,403	16,06%
Cor dos móveis do Dormitório P. – Médio	0,2666	0,5432	0,491	62,36%
Cor dos móveis do Dormitório P. – Escuro	-1,1038	0,9344	-1,181	23,75%

Nota: *Z valor mede a razão entre a estimativa e seu erro padrão. Quando está perto de ZERO, indica que a estimativa é muito pequena para garantir que o termo cause efeito na resposta. **A estimativa é apresentada em unidades codificadas e representa a alteração na resposta média (o número positivo ou negativo indica a direção da relação entre o termo e a resposta). ***A significância mede a evidência contra a hipótese nula, sendo que probabilidades inferiores fornecem evidências mais fortes. Fonte: (PORTAL MINITAB, 2018).

Considerando as variáveis mais relevantes no modelo, com significância até 5%, tem-se, em relação à satisfação com a LN:

- as UH localizadas no quarto pavimento melhoraram expressivamente os índices de satisfação;
- houve queda nos níveis de satisfação quando a tonalidade dos móveis da sala é média; e
- os usuários se consideram ainda mais insatisfeitos quando a tonalidade dos móveis da sala é escura.

Admitindo-se níveis de no máximo 25% de significância, obtiveram-se as seguintes variáveis relevantes:

- diferentemente do que se esperava, os usuários com problema de visão se sentiram mais satisfeitos do que aqueles que se declararam sem problema de visão;
- UH com janelas dos dormitórios principais e sala a nordeste e janela da cozinha/lavanderia a sudeste, apresentaram mais satisfação;
- moradores de UH com móveis da cozinha/lavanderia escuros mostraram-se mais insatisfeitos; e
- as cores do dormitório principal, quando escuros, também interferiram negativamente nos níveis de satisfação dos usuários.

Dentre os resultados mais significativos, observa-se que UH em pavimentos mais baixos são consideradas menos confortáveis em virtude da falta de LN em determinados momentos do dia. Já para o 5º pavimento, observa-se desconforto devido ao excesso de LN. A cor do mobiliário apresentou expressiva influência na forma com que os usuários percebem e classificam a iluminação natural de suas habitações.

Diretrizes

A partir dos resultados, foram estabelecidas diretrizes aplicáveis a vários contextos a fim de melhorar o conforto visual:

- desenvolver normativas voltadas a habitações que considerem tarefas visuais que exigem maiores níveis de iluminância do que os recomendados nas normas atuais, uma vez que, no contexto econômico estudado, os usuários desenvolvem atividades semelhantes às laborais;
- desenvolver critérios de afastamentos mínimos e áreas de aberturas que atendam exigências de captação de LN adequada às atividades normalmente desenvolvidas em UH, já que houve diferenças significativas entre unidades com orientações e andares variados, tanto por meio de simulação, quanto por meio da opinião dos usuários;
- garantir que as unidades possuam elementos de obscurecimento e proteção solar de janelas que independem do usuário, principalmente para a faixa econômica do contexto estudado; e
- orientar os usuários quanto a cores de superfícies internas, que podem ser modificadas após a ocupação, e mobiliário, a fim de otimizar a LN por meio do componente de reflexão interna.

Limitações

Os resultados indicaram que a nebulosidade foi um dos principais argumentos para o uso da iluminação artificial. Aspectos relacionados a dados climáticos usados e ocupação dos ambientes representam uma importante dificuldade em avaliar situações reais para a LN. Apesar do avanço nas avaliações atingido com o uso das métricas dinâmicas, ainda há dificuldades inerentes ao próprio arquivo climático. Os dados climáticos usados nas simulações são obtidos de dados gerados em estações meteorológicas e são tratados estatisticamente. Nesse tratamento, condições reais do clima podem ter seu efeito ou reduzido, ou aumentado. Por exemplo, condições variáveis de nebulosidade são tratadas, nos arquivos climáticos, como um padrão anual que não necessariamente representa a realidade. A nebulosidade é um dos mais importantes fatores que influenciam a distribuição espacial e temporal da radiação solar (BADESCU; DUMITRESCU, 2013). Segundo Badescu e Dumitrescu (2013), o levantamento da nebulosidade, na grande maioria das estações meteorológicas, é feito por observação direta, em termos de quantidade (porcentagem de nuvens no céu), sem incluir informações sobre o tipo de nuvem e altitude, fatores fundamentais para a disponibilidade de iluminação natural na superfície terrestre.

Devido à complexidade dos ambientes, torna-se difícil simular a realidade ali posta, principalmente no que diz respeito à representação do mobiliário. O número, o tamanho, a cor e a disposição do mobiliário podem alterar significativamente a distribuição da LN captada pelas aberturas e sua disponibilidade nas superfícies da tarefa visual. Quando se busca simular ambientes reais, limitações são impostas neste aspecto e, normalmente, há uma simplificação. Isso ocorre devido à complexidade dos levantamentos e da inserção de detalhes na modelagem necessária para o programa e *hardware* usados, que, muitas vezes, não suportam um nível maior de detalhamento. Normalmente esses elementos limitam a disponibilidade de LN fazendo com que as simulações tratem de uma situação mais favorável do que a realidade. Outro fator de incerteza refere-se à padronização das reflexões das superfícies reais. Alguns métodos são apontados pela literatura, como Ghisi e Lamberts (1998), Castro (2002) e Leder, Pereira e Moraes (2007). Porém, é necessário que o método seja de fácil aplicação para permitir seu amplo uso nos mais diferentes contextos da pesquisa, principalmente no que diz respeito a recursos disponíveis e ao levantamento destas informações em espaços ocupados por pessoas. As análises da distribuição da disponibilidade de iluminâncias no plano da tarefa visual, como demonstrado nas Figuras 3 e 4, representam uma boa possibilidade de unir a ocupação dos ambientes (mobiliário e usos diversos) com a opinião dos usuários, uma vez que a realização das tarefas se dá em locais específicos dos ambientes.

Observa-se que, apesar dos resultados obtidos com a simulação, para as unidades em pavimentos mais baixos, os usuários demonstraram satisfação com a disponibilidade da LN. Aspectos psicológicos aqui são fundamentais para compreender esse fenômeno. O fato de os respondentes estarem em sua casa própria influencia o grau de satisfação. Também, outros problemas mais graves podem ser vivenciados, fazendo com que eles sejam mais tolerantes com os problemas menos graves. Em pesquisa encaminhada pelo Ministério das Cidades, em 2014 (BRASIL, 2014), foi levantada a satisfação dos beneficiários do PMCMV com a UH. Os resultados demonstraram, para o RS, uma satisfação de grau 9,45 (numa escala de 0 a 10) com o quesito iluminação. Para os quesitos temperatura, área e umidade, os graus foram 4,20, 5,51 e 5,57 respectivamente, demonstrando que, comparativamente, a iluminação não representa um incômodo significativo para os usuários. A compatibilização entre a simulação, os critérios adotados e o contexto cultural, social e econômico é fundamental para evitar avaliações

objetivas que não reproduzam a expectativa dos usuários. Daí a importância da sua opinião ser incluída no processo de avaliação.

Estudos têm se atido a este fator, tanto para habitações quanto para escritórios. Wymelenberg e Inanici (2014), ao estudarem métricas para a LN, apontam que não existe consenso sobre os critérios a serem usados para a avaliação, principalmente pela falta de pesquisas que se atenham ao estudo da resposta subjetiva à LN. Eriksson et al. (2019) apontam a importância do desenvolvimento de métricas dinâmicas alternativas para diferentes níveis de detalhamento, assim como a comparação de tais métricas com investigações de campo. Os autores destacam ambientes de baixa disponibilidade de LN, como cozinhas de habitações, em que estudos de campo podem indicar a real percepção e preferência dos usuários. Galasiu e Veitch (2006) efetuaram uma revisão acerca de fatores ligados ao uso da LN também em escritórios. Os autores apontam que a preferência por níveis de iluminância entre indivíduos estende-se por uma faixa bastante ampla, entre 100 lux e 600 lux. Segundo Xue, Mak e Cheung (2014) a satisfação com a iluminação natural em residências é influenciada por variáveis como a percepção de uniformidade, desconforto térmico, obstrução externa, horas de iluminação natural no verão, horas de luz solar esperadas no inverno e orientação solar. Estas variáveis demonstram a complexidade de definir critérios para avaliação da LN. Uma forma de lidar com respostas humanas tão díspares é possibilitar o controle da LN por meio de dispositivos como persianas ou brises móveis, por exemplo.

Conclusões

A avaliação da disponibilidade da LN por meio dos dois métodos usados, simulação e opinião dos usuários, mostrou-se eficaz para compreender e conhecer vários aspectos quantitativos e qualitativos relacionados ao tema, corroborando com a importância de avaliar a LN a partir de, no mínimo, dois métodos, e, preferencialmente, que um deles envolva a opinião do usuário.

Através deste estudo, foi possível verificar que a grande maioria dos usuários do CRV se diz satisfeita com a iluminação natural disponível em suas UHs, indo ao encontro da avaliação objetiva que demonstrou a satisfação dos critérios mínimos presentes na NBR 15575 (ABNT, 2013) e no RTQ-R (INMETRO, 2012). Por outro lado, considerando níveis maiores de iluminância (120 lux) para atender a atividades semelhantes às laborais que os usuários realizam em suas UHs, verifica-se que tal critério não é atendido pela maior parte dos ambientes. Nem a NBR 15575 (ABNT, 2013) e nem o RTQ-R (INMETRO, 2012) consideram a possibilidade de ambientes residenciais também desempenharem tarefas que exijam maiores níveis de iluminância, o que foi detectado através da aplicação dos questionários.

Também se verificou que a adoção de regras padronizadas para afastamentos e áreas de aberturas, independente da orientação e do pavimento da UH, leva a diferenças na disponibilidade da LN que podem causar tanto insuficiência, quanto excesso desse recurso fundamental para o conforto visual das pessoas em seus lares e para a redução de consumo de energia com iluminação artificial. Esse resultado manifestou-se tanto através das simulações, quanto por meio da opinião dos usuários, demonstrando sua relevância.

Observou-se que as cores das superfícies internas e do mobiliário influenciaram a opinião dos usuários em relação à LN disponível, indicando que deve haver uma orientação explícita sobre, após a ocupação das unidades, a escolha de cores desses elementos, ao longo da vida útil da edificação.

O método de simulação, com o programa APOLUX, facilitou a análise da grande quantidade de dados anuais, necessários para o cálculo da iluminação natural por meio das variáveis dinâmicas DA e UDI. Este resultado afirma ainda mais a importância de avaliar a disponibilidade de iluminação natural ao longo do ano, com o uso de arquivos climáticos com dados suficientes e por meio de variáveis que permitam a compreensão de como se comporta a LN no interior de UH. Considerando esse aspecto, a revisão da NBR 15575, ainda em desenvolvimento até a publicação deste trabalho, propõe a avaliação dinâmica da iluminação natural, tendo como critério a análise espacial e temporal da luminância, garantindo a suficiência e uniformidade da luz natural, o que corrobora a importância do método adotado neste artigo.

Agradecimentos

Os autores agradecem o Fundo de Incentivo à Pesquisa (FIPE) da UFSM pela concessão de bolsa de Iniciação Científica.

Nota

Esse artigo congrega e estende os artigos “AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL COM O PROGRAMA APOLUX – ESTUDO DE CASO EM SANTA MARIA, RS” (TECHIO et al., 2019a) e “AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL ATRAVÉS DA PERSPECTIVA DO USUÁRIO – CONJUNTO RESIDENCIAL VIDEIRAS, SANTA MARIA, RS” (TECHIO et al., 2019b) apresentados no XV ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO.

Referências

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215**: Iluminação Natural. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ANDERSEN, M. Unweaving the human response in daylighting design. **Building and Environment**, v. 91, p. 101–117, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.03.014>

BADESCU, V.; DUMITRESCU, A. New models to compute solar global hourly irradiation from point cloudiness. **Energy Conservation and Management**, v. 67, p. 75–91, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.10.021>

BOGO, A. J.; PEREIRA, F. O. R.; CLARO, A. Avaliação quantitativa e direcional da admissão de luz natural através de janelas com elementos de controle solar. **PARC Pesq. Em Arquit. e Constr.**, v. 1, n. 4, p. 91–110, 2009. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v1i4.8634503>

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Pesquisa de satisfação dos beneficiários do Programa Minha Casa Minha Vida**. Brasília, DF: MCIDADES; SNH; SAE-PR; IPEA, 2014.

CASTRO, Adriana Petito de Almeida Silva. **Análise da refletância de cores de tintas através da técnica espectrofotométrica**. 2002. 113p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Campinas, SP. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258050>. Acesso em: 22 jan. 2021.

CLARO, A. **Método para Determinação da Estimativa Anual de Luz Natural Utilizando o Modelo Vetorial Esférico para Radiosidade**. Tese (Progressão a Professor Titular) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

DOGAN, T.; PARK, T. C. Testing the residential daylight score: Comparing climate-based daylighting metrics for 2444 individual dwelling units in temperate climates. **Lighting Res. Technol.**, v. 52, n. 8, p. 991–1008, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1177/2F1477153520924838>

CUNHA, A. de V. L. da. **Avaliação do Programa Apolux segundo Protocolos de Modelos de Céu do Relatório Técnico CIE 171:2006**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/95986>. Acesso em: 21 jan. 2021.

ERIKSSON, S.; WALDENSTROM, L.; TILLBERG, M.; OSTERBRING, M.; KALAGASIDIS, A. S. Numerical simulations and empirical data for the evaluation of daylight factors in existing buildings in Sweden. **Energies**, v. 12, n. 11, p. 2200, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/en12112200>

GALASIU, A. D.; VEITCH, J. A. Occupant preferences and satisfaction with the luminous environment and control systems in daylit offices: a literature review. **Energy and Buildings**, v. 38, n. 7, p. 728–742, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.03.001>

GHISI, E.; LAMBERTS, R. Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998, Florianópolis. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 1998.

HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. História natural de Santa Maria: o clima de Santa Maria. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, n. 38, p. 43–58, 2009.

INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **RTQ-R Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Portaria n.º 18, de 16 de janeiro de 2012. Brasília: Procel Edifica, 2012.

KHARVARI, F. An empirical validation of daylighting tools: Assessing radiance parameters and simulation settings in Ladybug and Honeybee against field measurements. **Solar Energy**, v. 207, p. 1021–1036, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.07.054>

LABEEE. LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Arquivos Climáticos**. SWERA. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2020. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos>. Acesso em: jan. 2018.

LEDER, S. M.; LEAL, L. Q.; LIMA, E. F. C. Percentual de abertura na fachada e tipos de fechamento no desempenho lumínico da edificação. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2015, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: ANTAC, 2015.

LEDER, S. M.; PEREIRA, F. R.; MORAES, L. N. Determinação experimental de coeficiente de reflexão médio para superfícies verticais em um meio urbano. In: ENCONTRO NACIONAL E V LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2007, Ouro Preto. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2007. p. 1057–1065.

MARDALJEVIC, J.; HESCHONG, L.; LEE, E. Daylight metrics and energy savings. **Lighting Research Technology**, v. 41, n. 3, p. 261–283, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1177/2F1477153509339703>

MENDES, M.C.M.; FABRÍCIO, M. M.; IMAI, C. Considerações sobre o desempenho térmico, lumínico e acústico de sistemas construtivos inovadores em uso. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: ANTAC, 2019. p. 3012–3021.

MORAIS, M. V.; CARNEIRO, T. M.; BARROS NETO, J. de P. Projeto de habitação de interesse social: Satisfação do usuário final. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., Maceió. **Anais [...]**. Maceió: Universidade Federal do Ceará, 2014.

NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful Daylight Illuminances: A Replacement for Daylight Factors. **Energy and Buildings**, v.38, n.7, p. 905–913, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.03.013>

NASCIMENTO, T. C. C. **Avaliação da NBR 15575 quanto ao desempenho térmico e luminoso**: estudo de caso em Maceió-AL. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2016.

ORNSTEIN, S. W. Avaliação pós-ocupação (APO) no Brasil, 30 anos: o que há de novo? **Revista Projetar Projeto e Percepção do Ambiente**, v. 2, n. 2, p. 7–12, 2017. Disponível em:
<https://periodicos.ufrn.br/revprojetar/article/view/16580>. Acesso em: 21 jan. 2021.

PORTAL MINITAB. **Tabela de Coeficientes Codificados para Análise de Variabilidade**. Disponível em:
<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/doe/how-to/factorial/analyze-variability/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/coded-coefficients-table/#coef>. Acesso em 24 de julho de 2018.

REINHART, C. F.; MARDALJEVIC, J.; ROGERS, Z. Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. **LEUKOS: The Journal of the Illuminating Engineering Society of North America**, n. 3, v. 1, p. 7–31, 2006. DOI:
<https://doi.org/10.1582/LEUKOS.2006.03.01.001>

SANTA MARIA. Lei Complementar N° 072, de 04 de novembro de 2009. **LUOS**. Lei de Uso do Solo do Município de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2009.

SARTORI, M. G. B. **O clima de Santa Maria, RS**: do regional ao urbano. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

SILVA, J. C. da; HELDWEIN, A. B.; MARTINS, F. B.; TRENTIN, G.; GRIMM, E. L. Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n.1, p. 67–72, 2007. DOI:
<https://doi.org/10.1590/S1415-43662007000100009>

Techio, L. **Avaliação da Iluminação natural de habitação multifamiliar de interesse social: Conjunto Residencial Videiras, Santa Maria, RS**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

TECHIO, L.; GRIGOLETTI, G.; CLARO, A.; ZAMBONATO, B. Avaliação da iluminação natural com o programa APOLUX – Estudo de caso em Santa Maria, RS. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 11., 2019, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: ANTAC, 2019a.

TECHIO, L.M.; GRIGOLETTI, G. de C.; CLARO, A.; ZAMBONATO, B. Avaliação da iluminação natural através da perspectiva do usuário – conjunto residencial Videiras, Santa Maria, RS. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 11., 2019, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: ANTAC, 2019b.

TORRES, S. C.; MACHADO, P. J. O. **Introdução à climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

WANG, J.; WEI, M.; RUAN, X. Characterization of the acceptable daylight quality in typical residential buildings in Hong Kong. **Building and Environment**, v. 182, p. 107094, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107094>

WYMELENBERG, K. V. D.; INANICI, M. A critical investigation of common lighting design metrics for predicting human visual comfort in offices with daylight. **LEUKOS: The Journal of the Illuminating Engineering Society of North America**, v.10, n. 3, p. 145–164, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/15502724.2014.881720>

XUE, P.; MAK, C. M.; CHUENG, H. D. The effects of daylighting and human behavior on luminous comfort in residential buildings: A questionnaire survey. **Building and Environment**, v. 81, p. 51–59, 2014. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.06.011>

XUE, P.; MAK, C. M.; HUANG, Y. Quantification of luminous comfort with dynamic daylight metrics in residential buildings. **Energy and Buildings**, v. 117, n. 1, p. 99–108, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.02.026>

¹ **Liliana Martins Techio**

Arquiteta e Urbanista. Mestre em Engenharia Civil no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria. Endereço postal: Avenida Roraima, n. 1.000, Santa Maria, RS, Brasil, CEP 97105-900

² **Bruna Zambonato**

Arquiteta e Urbanista. Mestranda em Arquitetura e Urbanismo no Programa de Pós-graduação em Arquitetura Urbanismo e Paisagismo da Universidade Federal de Santa Maria. Bolsista CAPES. Endereço postal: Avenida Roraima, n. 1.000, Santa Maria, RS, Brasil, CEP 97105-900

³ **Giane de Campos Grigoletti**

Arquiteta e Urbanista. Doutora em Engenharia Civil. Professora Associada na Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Endereço postal: Avenida Roraima, n. 1.000, Santa Maria, RS, Brasil, CEP 97105-900

⁴ **Anderson Claro**

Arquiteto Urbanista. Doutor em Engenharia de Produção. Professor Titular no Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina. Endereço Postal: Rod. SC401 José Carlos Daux, n. 7.050, Florianópolis, SC, Brasil, CEP 88050-000