ILUMINAÇÃO NATURAL EM AMBIENTES DE INTERNAÇÃO: ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODOS EN 17.037:2018 E LM-83-12

Ludmila Cardoso Fagundes Mendes (1); Roberta Vieira Gonçalves de Souza (2)
(1) Mestre, Arquiteta e Urbanista, ludmilamendes@ufmg.br, UFMG.
(2) Doutora, Professora do Departamento de Tecnologia do Design, da Arquitetura e do Urbanismo, robertavgs@ufmg.br, UFMG. Rua Paraíba, 697, Sala 124, Funcionários, Belo Horizonte – MG.

RESUMO
Nos ambientes de saúde, o acesso, a qualidade e a quantidade de exposição à luz do dia podem influenciar o bem-estar dos pacientes e funcionários. Com o objetivo de comparar os critérios de análise de disponibilidade de luz do dia da EN 17.037:2018 e da LM-83-12, em ambientes de internação, a metodologia da pesquisa tomou como estudo de caso a ala de Clínica Médica de um hospital universitário. Para tanto, a análise da iluminação natural foi realizada por meio de simulações computacionais desenvolvidas com o *plugin ClimateStudio*. Os resultados gerais das simulações indicaram que, no estudo de caso, os requisitos da EN 17.037:2018 se mostraram significativamente mais restritivos que os requisitos da LM-83-12. Uma das restrições verificadas é a consideração pela EN 17.037 de todas as horas de luz natural por dia para a luz natural enquanto a LM-83 avalia o desempenho por 10 horas por dia. Outra restrição, mais importante, refere-se à necessidade do atendimento pela EN 17.037 da métrica $sDA_{100/50\%}$ em 95% da área do ambiente. Somente o método norte-americano apresentou resultados considerados satisfatórios na avaliação geral, já que considera apenas a métrica $sDA_{300/50\%}$ e para uma área de 55% do ambiente como mínimo para atendimento. Outras barreiras identificadas para o atendimento aos critérios de disponibilidade de luz do dia são associadas aos materiais e à arquitetura da edificação. Conclui-se que a apropriada localização e o adequado dimensionamento e orientação das aberturas dos ambientes que precisam de iluminação natural são determinantes para o atendimento aos critérios, independentemente do método de avaliação adotado.

Palavras-chave: iluminação natural, simulação computacional, arquitetura hospitalar.

ABSTRACT
In healthcare buildings, access, quality and quantity of exposure to daylight can influence the well-being of patients and staff. To compare the criteria for analysis of daylight availability of EN 17.037:2018 and LM-83-12, in hospitalization spaces, the research methodology took as a case study the Medical Clinic wing of a university hospital. To this end, the analysis of daylighting was performed through computer simulations developed with the *ClimateStudio plugin*. The overall results of the simulations indicated that, in the case study, the requirements of EN 17.037:2018 proved to be significantly more restrictive than the requirements of LM-83-12. One of the restrictions verified is the consideration by EN 17.037 of all daylight hours per day while LM-83 evaluates performance for 10 hours per day. Another restriction, more important, refers to the need for compliance by EN 17.037 of the $sDA_{100/50}$% metric in 95% of the area of the spaces analyzed. Only the North American method presented results considered satisfactory in the general evaluation, since it considers only the sDA metric$_{300/50}$% and for an area of 55% of the environment as a minimum. Other barriers identified to meet the criteria of availability of daylight are associated with the materials and architecture of the building. It is concluded that the appropriate location and the adequate sizing and orientation of the openings of the environments that need natural lighting are determinant for the fulfillment of the criteria, regardless of the evaluation method adopted.

Keywords: natural lighting, computer simulation, hospital architecture.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento e o desenvolvimento de grande parte dos seres vivos acontecem a partir do contato e da dependência da luz do dia. Os ciclos de luz estão associados à produção de hormônios como a serotonina, durante o dia, e a melatonina, durante a noite (BITENCOURT, 2014; CARDOSO, 2014).

Nesse sentido, a luz do dia é considerada a fonte de luz ideal para sincronizar o ciclo circadiano humano. Em circunstâncias onde as pessoas passam a maior parte do dia em ambientes fechados, com iluminação artificial, sem a quantidade, o espectro e a distribuição de luz compatíveis com a luz do dia, a distinção entre dia e noite é prejudicada, comprometendo a saúde e o bem-estar (ACOSTA, LESLIE, FIGUEIRÓ, 2015).

Nos hospitais, a permanência prolongada no leito, especialmente quando este está mais afastado das aberturas para o exterior, pode afetar negativamente o ciclo circadiano, o metabolismo e a energia vital dos pacientes (CARDOSO, 2014). Van Bommel (2019) também afirma que apesar de um ritmo claro-escuro robusto de 24 horas ser fundamental para manter o ciclo circadiano regularizado, os ritmos irregulares são comuns em hospitais. O autor vincula os ritmos irregulares à necessidade de constante verificação do quadro clínico dos pacientes e à deficiência dos níveis de iluminação natural dos ambientes de internação.

Diante destes fatores, tem-se a importância da existência de janelas suficientes nos ambientes hospitalares de forma a atender adequadamente as necessidades psicológicas, físicas e fisiológicas dos pacientes. Em termos de normalização na área de iluminação, critérios relativos à quantidade de luz no ambiente interno hospitalar eram os critérios de projeto comumente adotados na elaboração dos projetos. Inclusive, normas e regulamentações sobre iluminação ainda utilizam índices quantitativos tais como a NBR ISO/CIE 8993:2013. Contudo, atualmente, também o comportamento da luz e a comunicação visual têm influenciado os projetos de EAS - Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (RIBEIRO *et al*., 2020).

Pesquisas de Design Baseado em Evidências (DBE) indicaram que o acesso, a qualidade e a quantidade de exposição à luz do dia, em ambientes de saúde, podem influenciar o bem-estar não apenas dos pacientes, mas também dos funcionários. Para os pacientes, o acesso à luz natural age na redução da dor e da incidência de depressão. A depender da enfermidade, pode ser reduzido, inclusive, o tempo de internação. Para os funcionários, o acesso à luz do dia pode contribuir para o aumento da satisfação, o que pode ser associado aos efeitos da luz sobre a serotonina. Diante das evidências apresentadas, estudos sobre DBE reforçam a importância do planejamento adequado de edificações para Estabelecimentos Assistenciais de Saúde. A relevância da orientação do edifício não deve ser subestimada e devem ser evitadas situações nas quais edifícios vizinhos bloqueiem a luz natural (ULRICH, 2006; ULRICH *et al*. 2008).

No Brasil, os principais instrumentos formais utilizados para a concepção de projetos de EAS são as resoluções e publicações do Ministério da Saúde, seja para edifícios públicos ou privados, novos ou em reforma. A Resolução RDC 50/2002 da ANVISA, em vigor desde fevereiro de 2002, é um regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de EAS, com força de lei. Nesta resolução foram inseridas as primeiras orientações sobre as condições de conforto em EAS, com abordagens sobre conforto higrotérmico e qualidade do ar; conforto acústico e conforto luminoso, a partir da fonte natural (BITENCOURT, 2014; BRASIL, 2002; GUELLI, ZUCCHI, 2010).

A RDC 50/2002 estabelece os ambientes onde a presença de iluminação natural é obrigatória: salas de observação; quartos e enfermarias; internação intensiva e queimados; quartos e áreas coletivas; salas para tratamento hemodialítico. Entretanto, a resolução não apresenta métricas para a avaliação do atendimento.

Este artigo apresenta os resultados parciais de uma Dissertação de Mestrado que explorou a iluminação natural como indicador de fatores humanos em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde, desenvolvida por arquiteta que atua na arquitetura hospitalar.

1.1. Normas e métricas para a avaliação de iluminação natural

A LM-83:2012, é um documento (*LM – Light Measurement*) publicado pela *Illuminating Engeneering Society* que descreve duas métricas de desempenho anual da luz natural: a sDA, Autonomia Espacial da Luz do Dia; e a ASE, Exposição Anual à Luz Solar (IESNA, 2012). Este documento não tem status normativo.

A métrica sDA descreve a suficiência de iluminação natural e mede a porcentagem de área de piso regularmente ocupada que excede um determinado nível de iluminação para uma quantidade específica de horas anuais. A limiar $sDA_{300/50\%}$ é recomendada para a análise da métrica, onde uma iluminância alvo de 300 lux é alcançada por 50% das horas ocupadas. O período de análise totaliza 10 horas por dia (entre 8h e 18h). Para que a suficiência de iluminação natural de um ambiente seja classificada como preferencial, 75% da área de piso deve atender ou exceder $sDA_{300/50\%}$. Para um ambiente receber classificação neutra, ou aceitável, o percentual de área de piso que atenda ou exceda $sDA_{300/50\%}$ deve ser igual ou superior a 55%.

Já a métrica ASE mede a porcentagem da área de piso regularmente ocupada que recebe luz solar direta em excesso, com potencial de desconforto visual, para o mesmo período de medição da sDA. Para a análise, é considerado o percentual de área regularmente ocupada que recebe luz solar direta superior a 1.000 lux por mais de 250 horas por ano ($ASE_{1000,250h}$), sem o uso de persianas. O conforto visual é considerado insatisfatório quando os ambientes apresentam mais de 10% de sua área com uma exposição solar anual a 1.000 lux em mais de 250 horas anuais, $ASE_{1000,250h}$. O plano de trabalho, para a análise das duas métricas, deve ser situado a 0,8m do piso acabado (IESNA, 2012).

Já a EN 17.037:2018 é uma norma europeia, não compulsória, aplicável a qualquer espaço regularmente ocupado, com a exceção de ambientes onde são realizadas atividades que precisam de escurecimento. O escopo da EN 17.037:2018 estabelece métricas para a avaliação da iluminação natural e princípios de cálculo e verificação. O documento abrange quatro aspectos relacionados à luz do dia em edificações: fornecimento de luz do dia; vistas para o exterior; exposição mínima à luz solar e proteção contra o ofuscamento (CEN, 2018).

A norma estabelece que um ambiente fornece luz do dia com nível de conformidade mínimo se um nível de iluminação alvo de 300 lux for atingido em 50% do plano de referência localizado a 0,85 m de altura por, pelo menos, metade das horas de luz do dia. Além disso, por pelo menos metade das horas de luz do dia, um nível mínimo de 100 lux de iluminação alvo deve ser atingido em 95% do plano de referência. Os ambientes podem alcançar níveis de conformidades mínimos, médios ou superiores, a depender dos limites de iluminância alcançados, conforme Tabela 1:

Tabela 1 – Níveis de conformidade para o fornecimento de luz do dia - EN 17.037

		Iluminância alvo		**Iluminância alvo mínima**	
Nível de conformidade	**Fração de horas do dia (%)**	**Iluminância (lux)**	**Área (%)**	**Iluminância (lux)**	**Área (%)**
Mínimo	50	300	50	100	95
Médio	50	500	50	300	95
Superior	50	750	50	500	95

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023), com base em CEN (2018)

Os dois métodos indicam condições para a análise das métricas por meio de *softwares* de simulação computacional baseada no clima. A geometria do espaço deve ser modelada com precisão, incluindo todas as superfícies internas e externas, com orientação correta em relação ao Norte verdadeiro.

A normalização técnica, no Brasil, é atribuída à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A norma brasileira que trata sobre iluminação natural é a ABNT NBR 15.215, composta por quatro partes. Esta norma está em revisão pela Comissão de Estudo de Iluminação Natural do Comitê Brasileiro de Construção Civil (CB-002). Enquanto a ABNT NBR 15.215 estiver em revisão, no Brasil não há, ainda, norma aprovada que discorra sobre a modelagem da disponibilidade de luz natural baseada no clima (*Climate-based daylight modelling* - CBDM) em ambientes internos.

A revisão da norma brasileira, em sua parte 3 passará a trazer método para a realização de avaliações da disponibilidade de luz natural baseadas no clima através de simulação computacional, além de abordar outros temas como avaliação da ocorrência de ofuscamento, qualidade das vistas, avaliação de níveis de insolação máxima e mínima e análise de luz circadiana. No que concerne à disponibilidade de luz natural a revisão proposta tem como principal referência a norma europeia EN 17.037:2018, mas alguns requisitos foram adaptados à semelhança da LM-83, como o número de horas diárias a ser usado para a verificação de atendimento. Tal se deu em função da revisão de outra norma ora em curso, a NBR 15.575, que, na proposta para análise de luz natural, trabalha com o intervalo de tempo considerado na LM-83. Dessa forma, estudos sobre iluminação natural desenvolvidos no Brasil passarão a utilizar referências internacionais para a avaliação CBDM, adaptadas ao cenário nacional. Ressalta-se que, em sua revisão, a NBR 15.215 trará valores referenciais indicativos para análise da qualidade da luz natural em espaços internos, não sendo de aplicação compulsória.

1.2. Simulação computacional

Os métodos mais recentes de simulação de iluminação são baseados no clima e consideram as variações da iluminação natural ao longo do ano. Reinhart, Mardaljevic e Rogers (2006) apontam que o poder preditivo das métricas CBDM é superior ao das métricas ponto-no-tempo, para fins de avaliação de projeto.

Dentre os *softwares* de simulação de desempenho ambiental acessíveis para estudos acadêmicos, o *ClimateStudio* é um *plugin* desenvolvido pela Solemma LLC e lançado em 2020, para ser utilizado no *software*

de modelagem *Rhinoceros* 3D. Este *plugin* fornece a possibilidade de fazer avaliações de iluminação natural baseadas na norma europeia EN 17.037:2018 e nos sistemas de classificação BREEAM e LEED. O *ClimateStudio* utiliza arquivos climáticos que apresentam dados medidos por hora de radiação solar direta e difusa. Os arquivos atualmente recomendados para uso em simulações CBDM são do tipo TMYx – Ano Meteorológico Típico. Estes arquivos apresentam dados metrológicos típicos derivados de dados meteorológicos por hora até 2021 no ISD (*US NOAA'S Integrated Surface Database*) usando as metodologias da norma TMY/ISO 15927-4:2005 (CLIMATE ON BUILDING, 2022).

Para maior precisão da simulação, é necessária a atribuição de materiais com propriedades óticas adequadas para as superfícies. O *plugin* apresenta uma extensa biblioteca de materiais americanos, dividida nas categorias "vidros" e "outros" (SOLEMMA, 2022).

Apesar de tanto a LM-83 quanto a EN 17.037 terem como avaliação da disponibilidade de luz natural níveis base (iluminâncias alvo) de 300lux a serem avaliadas em 50% do tempo para desempenho mínimo, tanto a área a ser atendida no mínimo é ligeiramente diferente (50% para a EN 17.37 e 55% para a LM-83) quanto são considerados intervalos de tempo diferentes para a contabilização de 50% das horas de atendimento (para a EN 17.037 são consideradas horas de luz do dia e para a LM-83 é considerado o intervalo de 10 horas diárias). Além disso, para a EN 17.037 há que se avaliar ainda o atendimento para o nível de 100 lux (a ser atendido em 95% da área), enquanto para a LM-83 a avaliação deve ser conjugada com a avaliação da entrada de insolação direta através da métrica ASE. Uma constatação preliminar de que a aplicação destas normas no quesito de avaliação de disponibilidade de luz natural levava a diferenças na consideração ou não do atendimento mínimo em ambientes internos levou a uma investigação mais aprofundada dos requisitos das duas normas, aqui apresentada. Neste trabalho não serão abordadas questões relativas à vista, à avaliação da probabilidade de ocorrência de ofuscamento pela luz natural ou a qualidade da luz circadiana nestes espaços, questões que serão apresentadas em outras publicações, de forma a que o artigo possa se centrar na avaliação da disponibilidade de luz natural.

2. OBJETIVO

Comparar os resultados obtidos na análise de atendimento a critérios de disponibilidade de luz do dia colocados pela EN 17.037:2018 e pela LM-83-12, tomando como estudo de caso uma ala de internação hospitalar de forma a se avaliar criticamente os índices colocados por ambas as normas.

3. MÉTODO

A pesquisa foi dividida em duas etapas. Inicialmente, com a definição do estudo de caso, a partir do levantamento da edificação de estudo, foi realizada uma análise do setor *in loco*. Posteriormente, para a análise da disponibilidade de luz do dia, foi construído modelo 3D do espaço e de seu entorno e foram feitas avaliações pelas metodologias da EN 17.037:2018 e da LM-83-12, por simulação computacional. A autorização para acesso às dependências do estabelecimento foi obtida pela submissão do Projeto de Pesquisa ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), através da Plataforma Brasil. Além disso, também foi necessária a submissão à Rede Pesquisa da Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH).

3.1. Descrição do Estudo de Caso

O estudo de caso foi realizado no Hospital São Vicente de Paulo, que integra o complexo hospitalar universitário da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, latitude 20°S (Figura 1). Para o reconhecimento preliminar, foi solicitado ao setor responsável o acesso às plantas do levantamento arquitetônico do hospital. Esta análise preliminar visou identificar a localização do setor pré-selecionado, e uma melhor delimitação dos ambientes a serem estudados.

Após a identificação dos ambientes representativos, foi realizada uma visita técnica ao local, para o levantamento de informações e de dados, cujo reconhecimento não foi possível por meio do levantamento arquitetônico. Esta visita foi acompanhada pelos arquitetos do hospital.

O edifício principal possui 11 andares e cerca de 44.000 m². A edificação abriga unidade de urgência; unidades de internação; unidades de terapia intensiva; centro cirúrgico; apoio ao diagnóstico e administração. O hospital possui capacidade instalada para 504 leitos. A edificação é dividida em alas, identificadas pelas respectivas orientações geográficas. A Internação de Clínica Médica, localizada na Ala Norte do 7º Pavimento foi o setor definido para a análise (Figura 2).

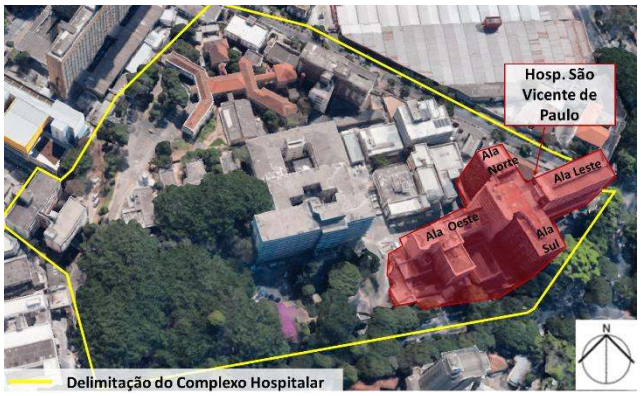


Figura 1 – Localização do Hospital.



Figura 2 – Localização da Clínica Médica.

O setor apresenta: posto de enfermagem; sala de preparo de materiais; sala de serviços; sala de equipamentos; DML; instalações sanitárias; casa de máquinas para ar-condicionado; um quarto de plantão; e duas salas de prescrição (uma para a equipe médica e outra para a equipe de enfermagem). A unidade possui 24 leitos de internação, sendo seis leitos de isolamento respiratório e 18 leitos distribuídos em três enfermarias, com seis leitos cada.

A Figura 3 mostra a planta baixa da Unidade de Internação de Clínica Médica. A posição dos leitos está destacada em cada um nos ambientes de internação. O Mapa Chave presente na Figura 3 indica a localização da Unidade de Internação de Clínica Médica na planta baixa do 7º pavimento.



Figura 3 – Planta baixa da ala de internação de Clínica Médica.

Todas as janelas da unidade possuem peitoril de 105 cm e altura de 110 cm. O tipo de aberturadas janelas segue a modelo guilhotina. As janelas das enfermarias e dos quartos de internação apresentam venezianas que se deslocam externamente na fachada, permitindo que o vão tenha fechamento total, parcial, ou abertura total.

Os ambientes de internação apresentam redes de proteção em todas as janelas. O Quarto de plantão (Figura 4) e a Sala de Prescrição 1 possuem pintura em todos os vidros das janelas. O mesmo ocorre com um dos vidros da Sala de Prescrição 2. A edificação faz auto sombreamento para as aberturas de alguns ambientes como apresentado na Figura 5.



Figura 4: Vidros pintados nas janelas do Quarto de Plantão.



Figura 5: Ala Leste da edificação limita a entrada de luz solar.

3.2. Simulação computacional

Para modelar a volumetria da edificação foi utilizado o *software* Archicad. A volumetria foi então exportada para o *software Rhinoceros* 6.0, para a realização das simulações, com o uso do *plug-in ClimateStudio*. Além da edificação em estudo, foram modeladas as árvores presentes no entorno; as demais edificações do complexo hospitalar e outras edificações do entorno, situadas a um raio de 100 m das fachadas da Ala Norte.

Para possibilitar a comparação entre os métodos de avaliação, foram rodadas duas simulações, com configurações para atendimento à EN 17.037:2018 e ao LEED 4.0, que utiliza como referência a LM-83-12. O *ClimateStudio* possui uma configuração pré-estabelecida para os intervalos de cada método já que a EN 17.037:2018 considera o os horários com presença de luz natural e a LM-83-12 considera 10 horas. Não foram usadas persianas na simulação para nenhum dos dois sistemas de avaliação, de forma que os resultados não sofressem interferências distintas. Para a EN 17.037 as horas com luz natural são definidas como as 4380 horas com os maiores valores de iluminância horizontal difusa do arquivo climático usado. Para a LM-83 o intervalo de tempo simulado é de 8:00 às 18:00.

A Tabela 2 exibe as propriedades óticas dos materiais de refletividade visível (Rvis) e de transmissividade visível (Tvis) considerados para a simulação computacional e os ambientes onde cada material está presente, na internação da Clínica Médica do 7º pavimento. Não foram adotados coeficientes de sujidade dos vidros uma vez que o programa não possui este tipo de entrada e que tal deveria ser feito pela configuração de um tipo de vidro que levasse em conta a diminuição da transmissividade por este fator.

Tabela 2 - Propriedades ópticas dos materiais para simulação computacional.

Superfícies		**Material**	**Nome (ClimateStudio)**	**Rvis %**	**Tvis %**	**Ambientes**
Superfícies internas	Paredes internas	Pintura cor branca	*Dupont Off White 116*	84,4	0,0	Plantão
		Pintura cor pérola	*Beige Painted Wall*	68,1	0,0	Enfermarias; Prescrição 1 e 2
		Fórmica azul	*Dupont Pale Blue 23*	56,2	0,0	Quartos de isolamento respiratório
	Piso	Granilite branco	*Hospital Floor*	58,1	0,0	Todos
	Forro	Pintura cor branca	*White Painted Room Ceiling*	82,2	0,0	Todos
	Vidro comum	Vidro incolor	*Clear*	-	87,7	Todos, exceto Prescrição 1 e Plantão
	Vidro com película	Película fumê G5	*Graylite Solarban 90*	-	5,1	Quarto de isolamento respiratório 2 (uma janela)
	Vidro pintado	Pintura cor branca	*Dupont Off White 116*	84,4	0,0	Prescrição 1, Prescrição 2 e Plantão
	Esquadria	Madeira pintura cor cinza platina	*Grey Fabric Pin Bord*	29,4	0,0	Todos
	Rede de Proteção	Nylon cor preta	*Black*	3,1	0,0	Enfermarias; isolamento respiratório
Superfícies externas	Calçadas	Bloco de concreto	*Concrete Sidewalk*	39,2	0,0	-
	Vias	Asfalto	*Asphalt*	8,2	0,0	-
	Canteiros	Grama	*Grass 2*	13,2	0,0	-
	Árvores	Folhas	*Atlântica-Solarban 67 (3) (Argon)*	10,8	40,2	-
	Edificações vizinhas	Vários	*Concrete Exterior Wall*	33,4	0,0	-

As simulações consideraram os ambientes onde uma mesma pessoa permanece por mais de uma hora ininterrupta: quartos de isolamento respiratório; enfermarias; quarto de plantão e salas de prescrição. Os demais ambientes foram considerados de uso transitório.

Para todas as simulações, as esquadrias foram consideradas fechadas. Todavia, as venezianas presentes nas janelas das enfermarias foram convencionadas abertas

As simulações utilizaram o arquivo climático de Belo Horizonte, disponibilizado pela plataforma *Climate One Building*: "BRA_MG_Belo.Horizonte-Pampulha-Andrade.AP.835830_TMYx.2004-2018".

A configuração da malha do plano de referência adotou 60 cm de distância, entre pontos, e 30cm de afastamento das paredes. Para os dois métodos a malha foi configurada a 75 cm do piso, considerando a altura de referência da NBR 15.215 (ABNT, 2022). O presente estudo não explorou os demais valores de referência propostos para a avaliação da disponibilidade de luz natural nesta proposta de revisão, uma vez que esta ainda não havia sido aprovada até a data de conclusão desta pesquisa.

4. RESULTADOS

As Tabelas 3 e 4 apresentam os resultados para disponibilidade de luz do dia da Clínica Médica da Ala Norte, 7º pavimento, pelos métodos EN17.037:2018 e IES LM-83-12, respectivamente. As plantas exibem manchas de cores que representam o atendimento ou não às métricas avaliadas no plano de referência.

O *ClimateStudio* possui diferentes formas de apresentar os resultados por ambiente, em relação aos dois métodos estudados. A simulação pela EN 17.037:2018 exibe os resultados em fração de horas de luz do dia em que as iluminâncias alvo e alvo mínima são atendidas em 50% e 95% da área do piso, respectivamente. Para cada ambiente, a classificação quanto ao nível de atendimento é definida hierarquicamente, conforme as iluminâncias avaliadas são alcançadas por período igual ou superior a 50% do total de horas de luz do dia. Ao final da tabela é exposto o resultado geral do espaço analisado, em fração de área de piso.

Já os resultados, por ambiente, da simulação pelo método LM-83-12, são exibidos somente em fração de área de piso. Neste contexto, pontos iluminados são aqueles que atendem a iluminância alvo (300 lux) com iluminação natural em 50% das horas, simulados sem operação de persianas. A avaliação complementar da ASE mostra onde seria necessário haver persianas.

Conforme exposto nas Tabelas 3 e 4, os requisitos para a avaliação da disponibilidade de luz do dia na ala de internação de Clínica Médica foram atendidos somente para os requisitos mínimos da LM-83-12. Os resultados gerais obtidos pelos dois métodos indicaram que os requisitos da EN 17.037:2018 se mostraram mais restritivos que os requisitos da LM-83-12. Embora o atendimento por número de ambientes tenha sido superior pelo método europeu, na avaliação geral, a unidade de internação não conseguiu alcançar a iluminância alvo mínima de 100lux em 95% da área simulada, para 50% das horas de luz do dia, cujo atendimento é marcado em verde na Tabela 3 para iluminância mínima. Os pontos em cinza não atendem à métrica.

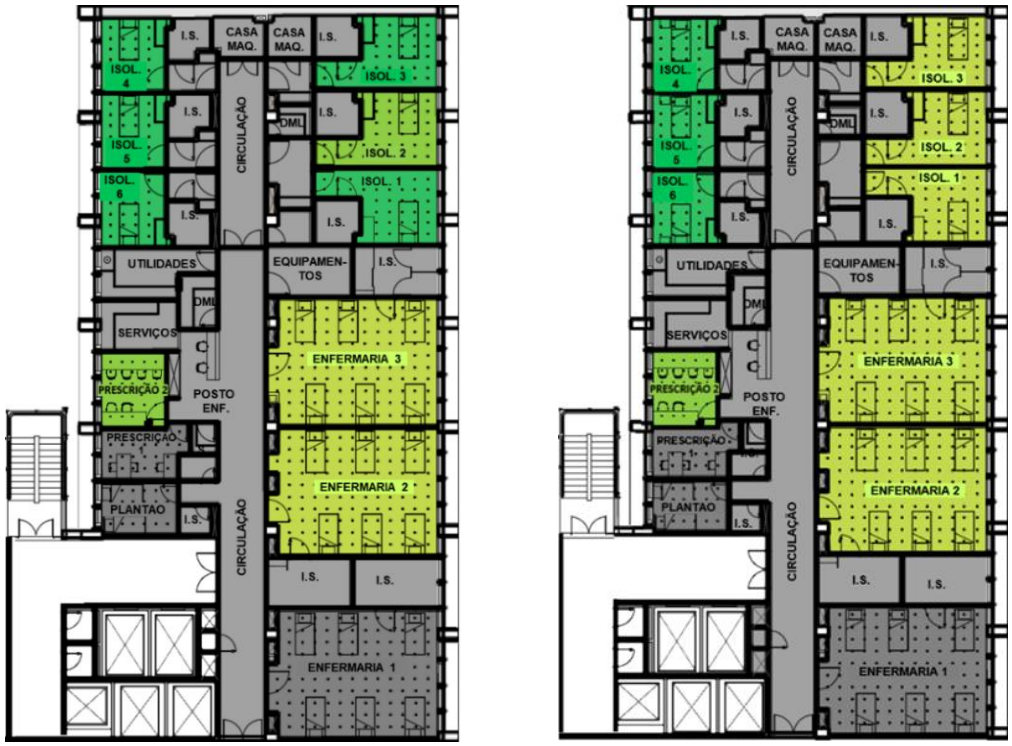
O Quarto de Plantão e a Sala de Prescrição 1 foram ambientes que, pelos dois métodos, não atenderam a área estabelecida para um desempenho mínimo em relação ao $sDA_{300/50\%}$. Ressalta-se que estes ambientes possuem janelas com vidros pintados. Como a simulação considerou todas as esquadrias fechadas, a pintura nos vidros afetou a avaliação (Figura 4). Quanto ao baixo desempenho da Enfermaria 1, foi observado que a proximidade das janelas com as paredes da Ala Leste da edificação (distância de 3,10m) cria uma limitação para a luz do dia, no maior percentual de área de piso (Figura 5).

A avaliação geral favorável, pela LM-83-12, ocorreu em decorrência dos resultados satisfatórios obtidos pelas demais enfermarias, pelos quartos de isolamento respiratório e pela Sala de Prescrição 2.

Com relação à avaliação da exposição anual à luz solar (ASE), valor superior a 10% da área foi encontrado somente para o quarto de isolamento respiratório 3 – ver Tabela 4. A simulação de ASE é feita sem a operação de persianas ou venezianas para encorajar projetos soluções passivas. No caso do ambiente analisado, tem-se que este desconforto pode ser controlado com o fechamento das venezianas móveis externas já existentes. Considera-se, portanto, que o resultado deste ambiente não comprometeu a avaliação geral da Clínica Médica.

Tabela 3 – Disponibilidade de luz do dia na Clínica Médica: EN 17.037:2018

Alvo **Mínimo**



Ambiente	% de horas com Iluminância Alvo em 50% da área				% de horas com Iluminância Mínima em 95% da área				
	300lux	500lux	750lux	Classific.	100lux	300lux	500lux	Classific.	
Enfermaria 1	13%	1%	0%	N/A	18%	0%	0%	N/A	
Enfermaria 2	67%	37%	16%	Mínimo	77%	18%	8%	Mínimo	Sim
Enfermaria 3	73%	48%	18%	Mínimo	80%	27%	11%	Mínimo	Sim
Isolamento respiratório 1	83%	72%	50%	Superior	80%	14%	5%	Mínimo	Sim
Isolamento respiratório 2	78%	53%	21%	Médio	72%	10%	3%	Mínimo	Sim
Isolamento respiratório 3	84%	77%	60%	Superior	82%	21%	9%	Mínimo	Sim
Isolamento respiratório 4	85%	79%	68%	Superior	88%	82%	71%	Superior	Sim
Isolamento respiratório 5	83%	75%	60%	Superior	87%	79%	61%	Superior	Sim
Isolamento respiratório 6	83%	76%	59%	Superior	87%	79%	62%	Superior	Sim
Quarto de plantão	0%	0%	0%	N/A	0%	0%	0%	N/A	
Prescrição 1	0%	0%	0%	N/A	0%	0%	0%	N/A	
Prescrição 2	79%	64%	48%	Médio	86%	67%	45%	Médio	Sim
Total	**58%**	41%	25%	-	**63%**	25%	15%	-	

Resultado geral - atendimento por área de piso (%)

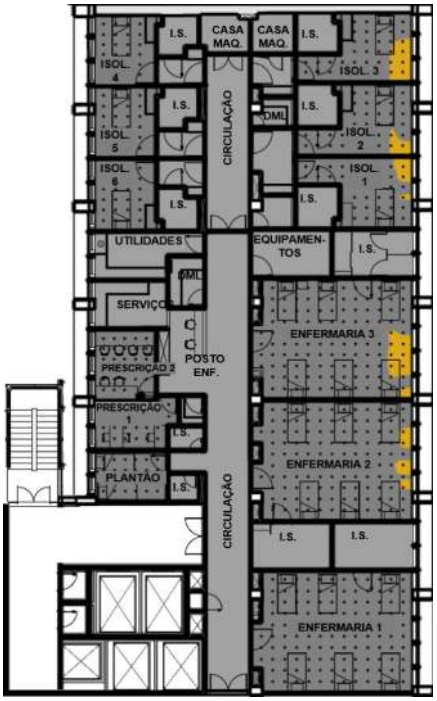
Análise geral	Não atende	Mínimo	Médio	Superior	Total
Alvo (área de piso)	26%	37%	11%	26%	**74%**
Mínimo (área de piso)	26%	56%	5%	13%	**74%**

Legenda: Sim Atende Não atende (N/A)

Pode-se verificar nas Tabelas 3 e 4 que mesmo que as métricas de $sDA_{300/50\%}$ pareçam semelhantes entre as duas normas analisadas, os resultados relativos à área em que o critério é atendido são diferentes. Tal se deve à diferença na consideração do número de horas para a avaliação, que na norma europeia é das horas que possuem luz do dia (consideradas dentre as 4380 horas com maiores níveis de iluminação externa) e pela norma americana é de 10 horas diárias ao longo do ano. Como esta diferença não é explicita quando se faz a simulação automática possibilitada pelo *plugin*, pode-se pensar que as duas métricas apresentadas são equivalentes, mas um olhar atento, faz notar que os resultados variam: a Enfermaria 1, por exemplo, apresenta

13% de sua área atendendo à métrica pela norma europeia, enquanto este mesmo ambiente atende à métrica americana em 15% de sua área.

Tabela 4 – Disponibilidade de luz do dia na Clínica Médica: LM-83-12

Autonomia Espacial da Luz do Dia (sDA)	**Exposição Anual à Luz Solar (ASE)**	
		

Ambiente	**sDA$_{300/50\%}$ > 55% ou 75%**		**ASE$_{1000,250}$ <10%**	
Enfermaria 1	15%	~~Não atende~~	0%	Aceitável
Enfermaria 2	76%	Preferível	4%	Aceitável
Enfermaria 3	90%	Preferível	7%	Aceitável
Quarto isolamento respiratório 1	84%	Preferível	8%	Aceitável
Quarto isolamento respiratório 2	82%	Preferível	8%	Aceitável
Quarto isolamento respiratório 3	89%	Preferível	18%	~~Não atende~~
Quarto isolamento respiratório 4	100%	Preferível	0%	Aceitável
Quarto isolamento respiratório 5	100%	Preferível	0%	Aceitável
Quarto isolamento respiratório 6	100%	Preferível	0%	Aceitável
Quarto de plantão	0%	~~Não atende~~	0%	Aceitável
Prescrição 1	0%	~~Não atende~~	0%	Aceitável
Prescrição 2	100%	Preferível	7%	Aceitável
Total	**67%**	Aceitável	**5%**	Aceitável

5. CONCLUSÕES

É recente a existência de normativas que trazem índices para a avaliação da disponibilidade de luz natural em ambientes internos a partir de simulações baseadas no clima. Este artigo comparou uma normativa europeia não compulsória e um documento indicativo de medidas de iluminação da sociedade americana de iluminação. Ambos trazem requisitos para a avaliação de conformidade mínima com relação aos níveis de iluminação natural esperados e de sua disponibilidade ao longo do ano.

Enquanto o método norte-americano avalia a autonomia espacial de luz do dia em 10 horas diárias, o método europeu considera o período com disponibilidade de luz natural externa para metade das horas anuais (4380 horas), para esta avaliação. Ainda há diferença entre as frações de áreas a serem atendidas com iluminância de 300 lux em 50% das horas analisadas: 50% para EN 17.037:2018 e 55% para a LM-83-12. Além disso, há a exigência do atendimento de uma iluminância alvo mínima pela EN 17.037 em 95% da área analisada, em 50% do tempo, que não está presente na avaliação estipulada pela LM-83-12. Esta por sua vez conjuga a avaliação da disponibilidade de luz natural a uma métrica que avalia a possibilidade de incômodo pela presença de insolação direta. Verifica-se, portanto, que enquanto no quesito de disponibilidade de luz natural, a normativa europeia se preocupa com a efetiva distribuição da iluminação natural considerando dois

níveis de atendimento (100 e 300 lux), a norma americana mostra estar preocupada também com o incômodo que níveis excessivos de luz natural podem causar nos ambiente internos, indicando áreas dos ambientes internos que necessitariam da existência de controles internos como persianas, o que pode auxiliar projetistas na tomada de decisão quanto a sistemas a serem instalados *a priori* na edificação.

No estudo de caso, foi observado que houve preocupação com a proteção contra excesso de insolação com a presença de pintura nas folhas basculantes das janelas (feita *a posteriori*), mas também que a própria arquitetura do estabelecimento criou uma barreira para o aproveitamento da luz do dia, pois há ambientes que necessitam de iluminação natural com janelas voltadas para outra ala da edificação. Além disso, a opção pela pintura dos vidros das janelas, apesar de possibilitar a garantia de privacidade e o controle de insolação, inviabilizou o aproveitamento da iluminação natural quando as mesmas estão fechadas.

Na visita *in loco*, verificou-se que apesar dos altos níveis de atendimento das métricas propostas quando as venezianas estão abertas, que as luminárias permanecem acesas durante o dia, o que indica que ainda há outros passos a serem tomados para a efetiva integração da iluminação natural em espaços hospitalares.

Em hospitais as áreas destinadas à internação são geralmente constituídas de ambientes profundos em relação às aberturas, em especial nas enfermarias o que pode tornar mais difícil o atendimento à métrica de iluminância alvo mínima em 95% da área do plano como colocado pela EN 17.037. A existência de barreiras para dar privacidade aos leitos em hospitais pode dificultar ainda mais este atendimento. Já a alteração na consideração dos horários a serem avaliados ao longo do ano levou a pequenas diferenças nas áreas atendidas pelos 2 textos avaliados, no entanto, considera-se que em ambientes hospitalares de uso contínuo, o intervalo de tempo proposto pela EN 17.037 é mais adequado que aquele proposto pela LM-83, mais afeito a espaços de trabalho.

Por fim, é proposto que uma futura revisão da RDC 50/2002 inclua requisitos mais específicos para ambientes hospitalares que necessitam de iluminação natural com a inclusão da avaliação da disponibilidade de luz natural por métrica CBDM. Espera-se que este trabalho tenha trazido uma contribuição neste sentido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de Revisão ABNT NBR 15.215:** Iluminação natural, Parte 3: Procedimentos para avaliação da luz do dia em ambientes internos. ABNT/CB-002, 2022.

ACOSTA, I; LESLIE, R. P; FIGUEIRÓ, M.G. Analysis of circadian stimulus allowed by daylighting in hospital rooms. **Lighting Research and Technology**, 2015. DOI: https://doi.org/10.1177/1477153515592948.

BITENCOURT, F. Conforto e desconforto na arquitetura para ambientes de saúde: o componente humano e os aspectos ambientais. In: BITENCOURT, F.; COSTEIRA, E. (org.). **Arquitetura e engenharia hospitalar**: planejamento, projetos e perspectivas. Rio de Janeiro: Rio Books, p. 73-100, 2014.

BOMMEL, van. W. **Interior lighting: fundamentals, technology and application**. Cham, Suíça: Spinger, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002**. Dispõe sobre o regulamento para o planejamento, elaboração, avaliação e aprovação de projetos físicos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde. Diário Oficial da União, Brasília, 2002.

CARDOSO, J.D. A luz: fator de vida e cura nos EAS. In: BITENCOURT, F.; COSTEIRA, E. (org.). **Arquitetura e engenharia hospitalar**: planejamento, projetos e perspectivas. Rio de Janeiro: Rio Books, p. 189-220, 2014.

CLIMATE ONE BUILDING. **WMO Region 3 - South America**. Disponível em: https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_3_South_America/BRA_Brazil/MG_Minas_Gerais/BRA_MG_Belo.Horizonte-Pampulha-Andrade.AP.835830_TMYx.2004-2018.zip. Acesso em: 13 out. 2022.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION – CEN. **EN 17.037: Daylight in buildings**. European Standards, 2018.

GUELLI, A.; ZUCCHI, P. A. Sistema de avaliação de edifícios de saúde. **PÓS – Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, v 17, p. 174-192, 2010. DOI: https://doi.org/10.11606/issn.2317-2762.v0i27p174-192.

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

REINHART, C. F.; MARDALJEVIC, J.; ROGERS, Z. Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. **Leukos**, v. 3, n. 1, p. 7-31, 2006. DOI: https://doi.org/10.1582/LEUKOS.2006.03.01.001.

RIBEIRO, P. V. S.; SANTOS, D. M. L.; VASCONCELLOS, L. T. DE M.; CAVALCANTI, F. A. DE M. S.; CABÚS, R. C. Influência do peitoril de janelas na luz natural e visão de céu em enfermarias. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 11, p. e020009, 13 jul. 2020. DOI: https://doi.org/10.20396/parc.v11i0.8654728.

SOLEMMA. 2022. Disponível em: https://www.solemma.com/. Acesso em: 12 out. 2022.

ULRICH R; ZIMRING, C.; QUAN, X; JOSEPH, A. The environment's impact on stress. In: MARBERRY, S. O. (org.). **Improving Healthcare with Better Building Design. Chicago**: ACHE Management Series/Health Administration Press, p.37-61, 2006.

AGRADECIMENTOS

Ao Hospital das Clínicas da UFMG/EBSERH, por possibilitar o desenvolvimento do Estudo de Caso.