ANÁLISE DA LUZ NATURAL NO PROJETO DAS UNIDADES DE PRONTO ATENDIMENTO EM TRÊS CIDADES BRASILEIRAS

Larissa Arêdes Monteiro (1); Ludmila Mendes (2); Marina da Silva Garcia (3); Roberta Vieira Gonçalves de Souza (4)

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, PPG-ACPS, lam2019@ufmg.br, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG.
(2) Arquiteta, Mestranda do PPG-ACPS, ludmilamendes@ufmg.br, UFMG.
(3) Arquiteta e Urbanista, Doutoranda, marinagarcia.arq@gmail.com, PPG-ACPS, UFMG.
(4) Dra., Professora do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo, robertavgs@ufmg.br, UFMG. Rua Paraíba, 697, Sala 124, Funcionários, Belo Horizonte - MG - Brasil, CEP 30130-140 Tel.: (31) 3409-8872.

RESUMO

A introdução da luz natural nos ambientes internos pode proporcionar melhor qualidade de trabalho e bem-estar aos usuários, mas por seu caráter dinâmico, a luz natural deve ser pensada para os espaços interiores de forma a propiciar uma boa iluminação. Reconhecendo essa importância, o objetivo da pesquisa foi analisar o atendimento às métricas da LM-83 no projeto modelo das Unidades de Pronto Atendimento (UPA) do Sistema Único de Saúde (SUS), disponibilizado pelo Ministério da Saúde. Para isso, foi considerada a construção das UPA's em três cidades do país localizadas em diferentes zonas luminosas: Florianópolis, Fortaleza e Cuiabá. As análises foram feitas utilizando o *software* DIVA com base nas métricas dinâmicas de Autonomia Espacial da Luz do Dia (sDA) e Exposição Anual à Luz Solar (ASE). Constatou-se que, em maioria, os ambientes analisados possuem significativo potencial para o aproveitamento da luz natural, apresentando, no entanto, espaços com possível ocorrência de ofuscamento. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que o desenvolvimento de adequações do projeto de referência, relacionadas a sistemas de controle da luz solar, considerando as particularidades da inserção em cada cidade, seriam benéficas para solucionar a ocorrência de desconforto visual.

Palavras-chave: iluminação natural, simulação computacional, métricas dinâmicas, Unidades de Pronto Atendimento.

ABSTRACT

The introduction of daylight in indoor spaces can provide better quality of work and well-being to users, but due to its dynamic character, daylighting must be thought of for the interior spaces to provide good lighting. Recognizing this importance, the objective of this research was to analyze the conformity to LM-83 metrics in a project model of the Emergency Care Units (UPA) of the Brazilian Unified Health System (SUS), made available by the Ministry of Health. For this, the construction of UPAs in three cities of the country located in different light zones: Florianópolis, Fortaleza and Cuiabá, was considered. The analyses were made using DIVA *software,* based on the dynamic metrics of Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE). It was found that the analyzed rooms have significant potential for the use of daylight, presenting, however, spaces with possible occurrence of glare. From the results obtained, it is concluded that the development of adjustments to the reference project, related to sunlight control systems, considering the particularities of the insertion in each city, would be beneficial to solve the occurrence of visual discomfort.

Keywords: daylighting, computer simulation, dynamic metrics, Emergency Care Units.

1. INTRODUÇÃO

As Unidades de Pronto Atendimento (UPA-24h) estão entre os estabelecimentos que compõem a Rede de Atenção às Urgências do Sistema Único de Saúde (SUS), com complexidade intermediária, entre a Atenção Básica e a Atenção Hospitalar. Entre os serviços assistenciais realizados nas UPAs, está a estabilização de pacientes e a investigação diagnóstica inicial. Estes estabelecimentos possuem funcionamento ininterrupto, todos os dias do ano. Classificadas em portes I, II e III, conforme o investimento para sua área de abrangência, as UPAs são caracterizadas como "Nova", quando instaladas em novas edificações, ou "Ampliada", quando construídas pelo acréscimo de área e pela adequação física de outros estabelecimentos de saúde. As instalações físicas das UPAs devem atender aos regulamentos técnicos de projeto para Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). A ambiência deve seguir o Programa Arquitetônico Mínimo para UPA24h, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2018). O Ministério da Saúde ainda disponibiliza, em formato digital, um projeto de referência, para cada porte de UPA 24h (BRASIL, 2014).

De modo geral, nos projetos de EAS, a preocupação com o conforto ambiental e com a humanização dos ambientes pode ser associada à melhor eficácia da equipe multiprofissional e como parte da terapêutica e cura dos pacientes (ALVES, FIGUEIREDO e SÁNCHEZ, 2018). Assim, o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de EAS (RDC-50) aponta que as exigências de conforto luminoso, para todos os EAS, devem considerar a localização da edificação no terreno e que nenhum ambiente de uso prolongado deve possuir afastamentos inferiores a 3,00 m. A norma estabelece demandas específicas para o conforto luminoso dos ambientes dos EAS, que variam de acordo com a atividade e com os equipamentos existentes. Assim, são considerados ambientes que não necessitam de incidência de luz natural, nem de luz artificial pontual de trabalho, são depósitos de materiais de limpeza e abrigos de resíduos. Também são considerados os ambientes que necessitam de incidência de iluminação natural, são salas de observação e internação. Já os ambientes que demandam condições especiais de iluminação, com iluminação artificial especial no campo de trabalho, são os consultórios e demais ambientes onde os pacientes são manipulados (BRASIL, 2002). Neste contexto, a luz do dia é necessária em diversas áreas de EAS e é um dos aspectos físicos cruciais a serem considerados nestas edificações (ARIPIN, 2007). Dentre os benefícios propiciados pela luz natural, pode-se destacar: bem-estar ao usuário, conectando-o ao ambiente externo e regulação dos ciclos circadianos, aumento na produtividade e no desempenho do trabalhador, melhor qualidade da luz, comparada à artificial, e economia de energia, com a redução de uso da luz artificial (MATOS E SCARAZZATO, 2017).

A incidência e distribuição da luz natural em ambientes internos depende de fatores relacionados à edificação e ao clima externo. Sobre a edificação, são importantes informações como geometria dos espaços, orientação do edifício, transmissividade de vidros, refletâncias de superfícies internas. Sobre fatores externos, importam fatores como latitude e longitude da cidade, dados climáticos e tipos de céu (GARCIA *et al*., 2020). Fonseca, Fernandes e Pereira (2017) propuseram um zoneamento de disponibilidade de iluminação natural para o território Brasileiro, onde identificaram três grandes zonas luminosas (Figura 1). A Zona A inclui municípios com média de insolação diária inferior a cinco horas; a Zona B, municípios com insolação diária média de seis horas; e a Zona C inclui municípios com insolação diária média de sete horas.

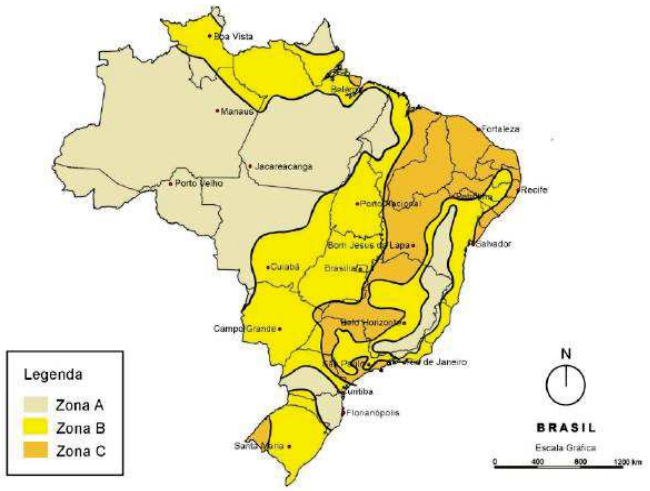


Figura 1– Zoneamento luminoso. Fonte: Fonseca, Fernandes e Pereira (2017)

Com caráter dinâmico, a luz do dia precisa ser considerada com as variações climáticas ao longo do dia e do ano (IESNA, 2012) e as métricas de avaliação da iluminação natural baseadas no clima surgiram para suprir a incapacidade das métricas ponto-no-tempo de avaliar o desempenho anual da luz natural nos espaços, considerando sua variabilidade ao longo do tempo. No Brasil não há, ainda, norma que trate da avaliação dinâmica da luz natural. Por isso, estudos sobre iluminação natural utilizam, para as análises, a norma norte-americana IES LM-83-12 (IESNA, 2012), que propõe as métricas de Autonomia Espacial da Luz do Dia (sDA-*Spatial Daylight Autonomy*) e de Exposição Anual à Luz Solar (ASE - *Annual Sunlight Exposure*).

A sDA descreve a suficiência anual dos níveis de luz do dia em ambientes internos e indica a porcentagem de área do piso que alcança um mínimo de iluminância especificado, para uma quantidade de horas anuais especificada. A ASE analisa a incidência direta da luz do sol, tendo em vista o seu potencial para causar desconforto. Ela é definida como a porcentagem de área do ambiente que excede um nível de iluminância de luz solar direta especificado. A IES LM-83-12 define que para o cálculo do sDA, é preciso analisar o percentual dos pontos que atingem, ao menos, 300 lux durante pelo menos 50% das horas de ocupação do ambiente interno (considerando das 8h às 18h). A mesma norma define que para o cálculo do ASE, deve-se verificar o percentual dos pontos de análise que estão expostos a mais de 1.000 lux durante mais do que 250 horas por ano, considerando o mesmo período de utilização do sDA (IESNA, 2012). Os índices de qualidade para o espaço luminoso dados pela LM-83-12 estão apresentados na metodologia.

Os contextos dos avanços na informática, bem como da crescente demanda pela melhoria da eficiência energética e do conforto ambiental nos projetos arquitetônicos, no cenário internacional, conduziram ao desenvolvimento de diversos métodos de simulação computacional para verificação do desempenho das edificações. Dentre as ferramentas de simulação computacional disponíveis, encontra-se o *Software* de modelagem Rhinoceros e o *plug-in* Diva-for-Rhino (DIVA) (JAKUBIEC, REINHART, 2011). O DIVA integra, em suas simulações, os algoritmos utilizados pelo Radiance e Daysim, *softwares* amplamente utilizados pela comunidade científica e testados em comparação com dados medidos (REINHART, BRETON, 2009). Estudos recentes realizados no Brasil também têm utilizado o DIVA como ferramenta para a simulação da iluminação natural (FONSECA, PEREIRA, 2017; CAVALERI, CUNHA, GONÇALVES, 2018).

Salienta-se que o Ministério da Saúde disponibiliza um projeto de referência para os portes de UPA 24h, não havendo, para estes projetos, diretrizes para melhor aproveitamento da luz do dia em diferentes contextos de disponibilidade de luz natural. Também se observa, pelo trabalho de Fonseca, Fernandes e Pereira (2017), que o Brasil possui zonas com diferentes potenciais de aproveitamento da luz natural. Assim, faz-se necessário um estudo para a análise do desempenho da luz do dia em projetos de referência do Ministério da Saúde para cidades de diferentes zonas luminosas, a fim de diagnosticar o desempenho luminoso obtido e avaliar possíveis necessidades de adaptação dos projetos arquitetônicos de referência.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo foi analisar o atendimento às métricas da LM-83 no Projeto de Referência para construção de UPA-24h Porte III, do Ministério da Saúde, para três cidades brasileiras localizadas em zoneamentos luminosos distintos.

3. MÉTODO

Os procedimentos metodológicos do trabalho foram divididos em três etapas. Inicialmente, foi realizada a caracterização do projeto de referência e a seleção dos ambientes a serem analisados. Posteriormente, as simulações computacionais anuais baseadas no clima (*climate based)* de sDA e ASE foram desenvolvidas com o *plug-in* DIVA para três cidades brasileiras: Florianópolis, Cuiabá e Fortaleza. Por fim, os resultados foram analisados e discutidos. Cada etapa será explicada em maior detalhe nas seguintes seções do trabalho.

3.1. Caracterização da edificação e seleção dos ambientes a serem analisados

O projeto para UPA-24h Porte III indica uma volumetria dividida em 4 blocos, que totalizam 1.610,73 m² em área. Estes blocos estão separados por diferentes funções assistenciais (pronto atendimento, urgência e observação) e por funções administrativas e de apoio técnico logístico. Todos os blocos apresentam iluminação zenital, possibilitada por coberturas em *sheds*. Da área total edificada, 54% (o que corresponde a 740,77 m²) representam ambientes de permanência prolongada.

Quanto às esquadrias, o projeto e o memorial descritivo recomendam, para todas as salas administrativas e assistenciais, janelas com peitoril à altura de 160 cm, em vidro verde, 6 mm, com esquadria em alumínio.

Para as áreas internas, as especificações sugerem piso cerâmico acetinado, na cor branca, para todos os ambientes. Para o acabamento das paredes, é indicado o uso de azulejo na cor branca para áreas molhadas, e pintura epóxi, sem especificação de cor, para salas administrativas e assistenciais. Dessa forma, o presente estudo considerou a cor branca para todas as salas. A Tabela 1 indica as propriedades ópticas dos materiais.

Tabela 1 – Propriedades ópticas dos materiais

Material	**Propriedade**	**Fonte**
Paredes internas e externas	Branco - Refletância = 84,2%	Dornelles (2008)
Piso	Branco gelo – Refletância = 63,8%	Dornelles (2008)
Forro	Branco - Refletância = 84,2%	Dornelles (2008)
Laje externa com manta asfáltica	Preto – Refletância = 2,9%	Dornelles (2008)
Vidro verde 6 mm	Transmissividade da luz visível (Tvis) = 26%	Brasil (2014)

Tendo em vista os diferentes setores presentes nas UPAs, foram escolhidos para análise cinco ambientes com funcionalidades distintas: 1) sala de observação; 2) sala administrativa; 3) sala de exame indiferenciado; 4) sala de urgência e emergência e 5) sala de medicação. A análise considerou que estes ambientes representam setores que abrangem áreas de, respectivamente, 208,82 m²; 81,42 m²; 89,55 m²; 64,48 m² e 121,35 m², o que representa 76% da área de permanência prolongada total da edificação. Além dos usos dos ambientes, também foi utilizado como critério para a seleção das salas, a presença de diferentes orientações das fachadas. A Figura 2 apresenta a planta baixa do projeto de referência com demarcação dos ambientes de permanência prolongada, com a localização dos ambientes selecionados e com a delimitação dos setores que representam. No projeto de referência não há qualquer indicação de orientação preferencial para a implantação. A Figura 3 mostra a volumetria da edificação.

No projeto de referência, as salas de observação possuem janelas nas fachadas norte, sul e oeste, e *sheds* nas fachadas norte e sul. As salas administrativas, a sala de urgência e emergência e a sala de medicação possuem janelas na fachada norte e *sheds* voltados para sul. As salas de exame indiferenciado possuem janelas na fachada com orientação sul e *sheds* com orientação norte. Os ambientes do projeto de referência apresentam janelas com peitoril elevado para todos os ambientes. Esta configuração está relacionada à necessidade de privacidade dos pacientes e profissionais, visto que todos os ambientes são localizados em nível térreo.



Figura 2 – Planta baixa com a localização dos ambientes analisados

Fonte: Brasil (2014), editado pelas Autoras



Figura 3 – Volumetria da edificação

Fonte: Brasil (2014)

3.2. Simulação computacional da iluminação natural dos ambientes

Com base no zoneamento proposto por Fonseca, Fernandes e Pereira (2017), para a análise no projeto de referência para UPA-24h Porte III, foi selecionada uma cidade para cada uma das zonas luminosas. Logo, para a Zona A foi escolhida a cidade de Florianópolis (27° S); para a Zona B, Cuiabá (16° S) e para a Zona C, Fortaleza (4° S).

Para a modelagem geométrica do edifício foi utilizado o *Software* Rhinoceros 5.0. O desempenho luminoso dos ambientes foi avaliado a partir de simulações de iluminação natural, no *plug-in* Diva-for-Rhino. A simulação considerou somente a edificação, com base nos arquivos climáticos de cada cidade, não tendo sido considerados eventuais sombreamentos de construções do entorno, visto que o projeto é uma referência e, em geral estas construções são implantadas em locais com baixa altimetria de entorno. Elementos de proteção solar também não foram considerados, visto que no projeto modelo não constam instruções para o uso desses elementos. Os arquivos climáticos necessários para a análise foram obtidos a partir da plataforma *Climate One Building* e são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Arquivo climático das cidades analisadas

Cidade	**Zona**	**Arquivo climático**
Florianópolis	A	BRA_SC_Florianopolis-Luz.Intl.AP.838990_TMYx.2004-201
Cuiabá	B	BRA_MT_Cuiaba-Rondon.Intl.AP.833620_TMYx.2004-2018
Fortaleza	C	BRA_CE_Fortaleza-Pinto.Martins.Intl.AP.823980_TMYx.2004-2018

Para a simulação com o *plug-in* DIVA, os parâmetros de configuração da malha obedeceram às recomendações presentes na IES LM-83 (IESNA, 2012): altura da malha em relação ao piso de 0,80 m e distância entre pontos de 0,45 m. Em relação aos parâmetros avançados do Radiance, foi considerado *ambient bounces* = 5, conforme indicado por Reinhart (2012) para cenas com pouca complexidade (por exemplo, sem elementos de proteção solar). As demais configurações seguiram os valores predefinidos (*ambient division*: 1000, *ambient sampling*: 20, *ambient accuracy*: 0.1, e *ambient resolution*: 300).

3.3. Análise da iluminação natural, com as métricas dinâmicas

A edificação não foi simulada na íntegra. Foram selecionados os ambientes para a simulação e os resultados encontrados foram ponderados, com base na porcentagem em que esses espaços ocupavam dentro do seu setor, de forma que pudessem representar todo o setor dentro da UPA.

O presente estudo utilizou como referência para a análise a norma norte-americana IES LM-83 (IESNA, 2012), com análise das métricas de Autonomia Espacial da Luz do Dia (sDA) e Exposição Anual à Luz Solar (ASE), de acordo com os desempenhos mínimos estabelecidos na LM-83. A Tabela 3 apresenta os parâmetros estabelecidos para análise dos resultados das duas métricas utilizadas.

Os resultados foram analisados em termos do atendimento à norma, assim como em relação à distribuição da luz no plano horizontal, por meio da análise das imagens das simulações.

Tabela 3 – Valores de referência para interpretação das métricas sDA e ASE

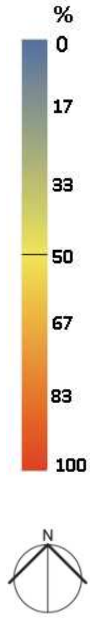
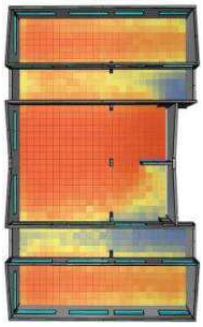
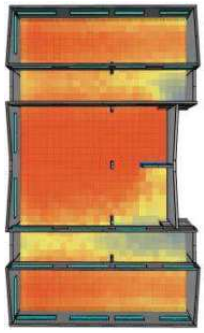
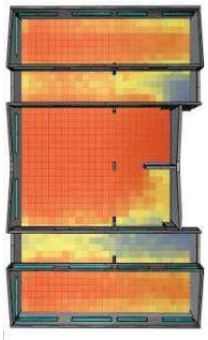
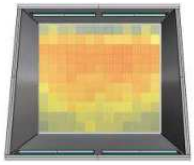
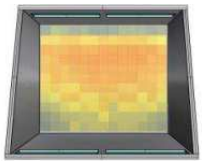
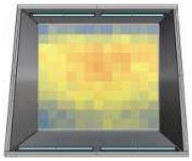
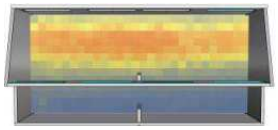
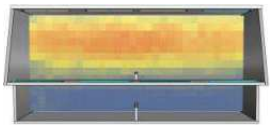
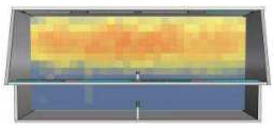
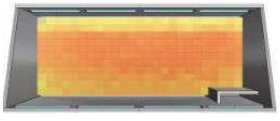
Métrica	**Valor de Referência**	**Interpretação**
sDA	> = 75%	Iluminação natural “preferível”
sDA	55% > sDA > 74%	Iluminação natural “aceitável”
ASE	> 10%	Desconforto visual - ofuscamento

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4 apresenta os resultados da simulação desenvolvida pelo *plug-in* DIVA, através da métrica sDA, para cada ambiente analisado, dentro dos três cenários definidos, tendo em vista o Zoneamento Luminoso Brasileiro proposto por Fonseca, Fernandes e Pereira (2017). As cortinas representadas na planta de layout da Sala de Observação e da Sala de Urgência e Emergência foram desconsideradas da análise, por serem utilizadas

pontualmente para privacidade dos pacientes durante a higienização, procedimentos médicos, ou em casos de óbito. Na maior parte do tempo as cortinas devem ficar abertas para que a equipe de enfermagem possa ver os pacientes e os monitores.

Tabela 4 – Análise da iluminação natural através da métrica sDA (Autonomia Espacial da Luz do Dia)

Legenda	Salas	Zona A – Florianópolis Latitude - 27,59 S	Zona B – Cuiabá Latitude - 15,65 S	Zona C – Fortaleza Latitude - 3,78 S
	Sala de observação	 sDA 84%	 sDA 88%	 sDA 85%
	Sala administrativa	 sDA 65%	 sDA 63%	 sDA 40%
	Sala de exame indiferenciado	 sDA 74%	 sDA 74%	 sDA 56%
	Sala de urgência e emergência	 sDA 35%	 sDA 40%	 sDA 37%
	Sala de Medicação	 sDA 96%	 sDA 97%	 sDA 90%

Considerou-se o sDA encontrado para os ambientes simulados como representativo de cada setor. Foram, portanto, ponderados os índices obtidos pela porcentagem da área que cada um destes setores representa. Desta forma tem-se a Tabela 5:

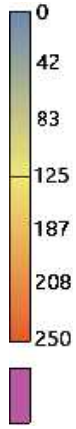
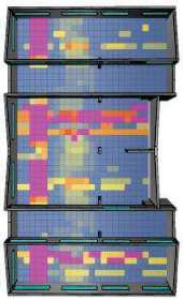
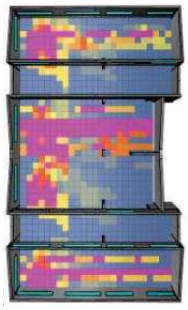
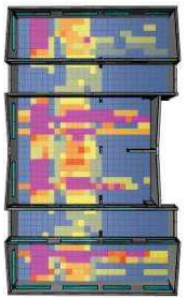
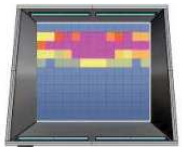
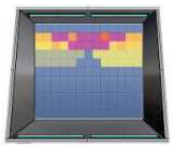
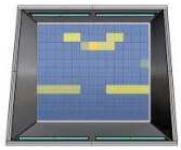
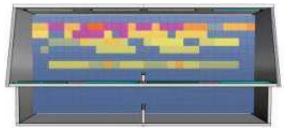
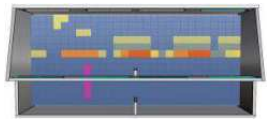
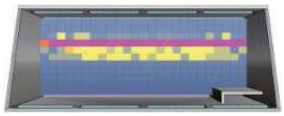
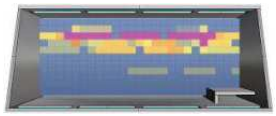
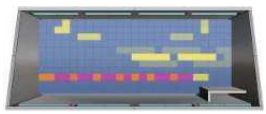
Tabela 5: Valores de sDA para cada ambiente e ponderados nas áreas de permanência prolongada

Ambiente	Área ocupada pelo setor na UPA	sDA - Florianópolis	sDA - Cuiabá	sDA - Fortaleza
Observação	208,73 m²	84%	88%	85%
Administração	81,42 m²	65%	63%	4%
Exame	89,55 m²	74%	74%	56%
Urgência e Emergência	64,48 m²	35%	40%	37%
Sala de Medicação	121,35 m²	96%	97%	90%
sDA Ponderado		77%	79%	70%
Nível de atendimento		Atende	Atende	Atende

Legenda de cores: Não atende - Atende - Preferível

Os resultados obtidos na simulação, para a métrica ASE, estão apresentados na Tabela 6, para cada ambiente analisado, considerando as mesmas cidades para cada Zoneamento Luminoso.

Tabela 6 – Análise da iluminação natural através da métrica ASE (Exposição Anual à Luz Solar)

Legenda	Salas	Zona A – Florianópolis Latitude - 27,59 S	Zona B – Cuiabá Latitude - 15,65 S	Zona C – Fortaleza Latitude - 3,78 S
 Potencial de ofuscamento (>250) 	Sala de observação	 ASE 11,1%	 ASE 20%	 ASE 11,1%
	Sala administrativa	 ASE 15,4%	 ASE 8%	 ASE 0%
	Sala de exame indiferenciado	 ASE 2,9%	 ASE 20%	 ASE 4,3%
	Sala de urgência e emergência	 ASE 9%	 ASE 4%	 ASE 1%
	Sala de Medicação	 ASE 9%	 ASE 7%	 ASE 4%

Da mesma forma que foi feito para o sDA, fez-se a ponderação para a métrica ASE. Seguem os resultados obtidos na Tabela 7:

Tabela 7: Valores de ASE para cada ambiente e ponderados nas áreas de permanência prolongada

Ambiente	**Área ocupada pelo setor na UPA**	**ASE - Florianópolis**	**ASE - Cuiabá**	**ASE- Fortaleza**
Observação	208,73m²	11%	20%	11%
Administração	81,42m²	15%	8%	0%
Exame	89,55m²	3%	20%	4%
Urgência e Emergência	64,48m²	9%	4%	1%
Sala de Medicação	121,35m²	9%	7%	4%
ASE Ponderado		10%	14%	6%
Nível de atendimento		Atende	Não Atende	Atende

Legenda de cores: Não atende - Atende

4.1. Análises

Ao se considerar o desempenho obtido, com a aplicação a LM-83 (IESNA, 2012) para os ambientes simulados, como sendo representativos do setor a que este ambiente pertence, e se analisar esta área como um todo, ter-se-ia um desempenho da luz natural adequado para todas as três cidades, considerando a Autonomia da Luz do Dia (sDA). Porém, na cidade de Cuiabá a edificação apresenta valor inadequado para a Exposição Anual de Luz Solar (ASE), indicando a ocorrência de áreas com ofuscamento além do aceitável. Tais resultados permitem verificar que para uma mesma solução arquitetônica, o desempenho pode variar em função da disponibilidade de iluminação natural externa e dos níveis de insolação. No entanto, a ocorrência de ofuscamento pode ser sanada com dispositivos de controle para a incidência de luz solar, onde cada caso deve ser analisado e solucionado, considerando os setores isolados.

Para a Sala de Observação, os resultados indicam bom sDA no ambiente de todas as cidades, com incidência de luz natural mínima de 300 lux, superior a 80% do tempo, visto na Tabela 4. Tais resultados são considerados preferíveis para a luz natural nesses espaços, conforme a IES LM-83 (IESNA, 2012). Pela análise da ASE, a sala apresentou níveis acima de 10%, para os três cenários analisados, o que é considerado inadequado. Assim, constatou-se que a sala, nas três cidades, apresenta desconforto visual com a incidência de luz solar direta, conforme indicado na Tabela 5. Estes níveis de incidência solar direta certamente resultaram da ampla existência de aberturas desprotegidas nas fachadas norte e oeste, sendo um ambiente com potencial de também apresentar desconforto térmico para seus usuários. O problema identificado pode ser corrigido com o uso de proteções solares, aumento dos beirais das janelas ou a introdução de *light shelf*, principalmente nas fachadas norte e oeste, contribuindo para a incidência da luz natural com melhor distribuição nos espaços.

A Sala Administrativa, no projeto de referência, possui janelas nas fachadas voltadas para norte e sul. Na fachada norte, há um beiral de 80 cm, fato que diminui a possibilidade de ocorrência de incidência direta da luz do sol. As salas da cidade de Florianópolis e Cuiabá apresentaram níveis aceitáveis para a sDA, indicando que 65% e 63% da área do piso recebe 300 lux em pelo menos 50% das horas de uso ao longo do ano, respectivamente (Tabela 4). Já para a cidade de Fortaleza, sDA foi considerada insuficiente, sendo indispensável o uso da luz artificial. Considerando ASE, a configuração das aberturas da sala nas cidades de Cuiabá e Fortaleza se apresentaram adequadas. Apesar do valor adequado, Cuiabá apresentou a possibilidade de ocorrência de ofuscamento em área próxima à janela, o que pode ser corrigido com o uso de persiana, para bloqueio da luz natural em pontos incômodos. Florianópolis apresentou ASE de 15%, valor inadequado na ocorrência de desconforto visual. Esse problema poderia ser corrigido com o uso de proteção solar, o aumento dos beirais das janelas ou o uso de *light shelf* na fachada norte. Acredita-se que, com a utilização de um vidro mais transmissivo, resolva-se o problema de não atendimento da métrica sDA para a cidade de Fortaleza. No entanto, a solução não pode ser padronizada, pois as cidades de Florianópolis e Cuiabá, neste caso, apresentariam aumento de ASE, podendo levar os ambientes à inadequação.

Em relação às Salas de Exames Indiferenciados, no projeto de referência, nota-se que possuem aberturas nas fachadas norte e sul. Assim como na análise da sala administrativa, a janela da fachada sul possui proteção solar por meio de um beiral do telhado de 80 cm; fato que, somado às baixas latitudes das cidades analisadas, diminui a ocorrência de insolação direta no ambiente. As salas das três cidades apresentaram níveis aceitáveis para sDA, acima de 55%, conforme as recomendações da IES LM-83 (IESNA, 2012). Assim, a luz geral desses

espaços pode ser suprida pela luz do dia, mas precisará ser complementada pela luz artificial em trabalhos pontuais. Pela análise da Exposição Anual à Luz Solar (Tabela 7), as simulações para Florianópolis e Fortaleza apresentaram valores aceitáveis (abaixo de 10%), com manchas de incidência direta de luz do sol em apenas dois pontos, em cada ambiente. O ambiente em Cuiabá apresentou ASE em nível inadequado, com a ocorrência de desconforto significativo no meio do espaço. Os problemas causados pela incidência de luz solar direta, no ambiente em Cuiabá, poderiam ser sanados com a inserção de uma *light shelf,* contribuindo para distribuir a luz natural no espaço de forma mais homogênea, e erradicando os pontos críticos.

Nas três cidades, a Sala de Urgência e Emergência apresentou sDA insuficiente, sendo percebido ainda que a luz incide de forma não homogênea nesses espaços. Para ampliar a luz natural nesses espaços, mais aberturas poderiam ser propostas na fachada sul, orientação que permite a entrada de luz mais significativa, considerando-se a geometria do espaço. Senão, nesses casos, a luz artificial sempre será necessária como recurso para luz geral. Todas as cidades também apresentaram valor adequado para ASE. No entanto, em Florianópolis foi possível perceber mais pontos com a ocorrência de ofuscamento, que podem ser corrigidos com o uso de *light shelf*, contribuindo para melhor difusão da luz e corrigindo o ofuscamento nos pontos críticos, sem bloquear a luz natural incidente.

As Salas de Medicação, das três cidades, apresentaram os melhores resultados quanto à incidência da luz natural, com sDA em níveis preferíveis, acima de 90%, indicando que, em pelo menos 50% do tempo, a luz solar atinge o nível de 300 lux internamente. Nota-se ainda, que a luz incide de forma a preencher todo o espaço das salas (Tabela 4). Analisando a métrica de ASE, os espaços apresentam níveis aceitáveis. Florianópolis e Cuiabá apresentam mais pontos com ocorrência de ofuscamento, em faixas próximas às janelas da fachada norte. O problema pode ser corrigido com o uso de persiana, para controle interno, ou de proteção solar na fachada norte, de modo a bloquear a ocorrência da incidência solar direta nos períodos mais críticos.

5. CONCLUSÕES

O objetivo do presente trabalho foi analisar o desempenho da luz natural em projeto de referência de UPA 24h fornecido pelo Ministério da Saúde, considerando as métricas dinâmicas sDA e ASE, em três cidades brasileiras de diferentes zoneamentos luminosos: Florianópolis, Cuiabá e Fortaleza. As análises foram desenvolvidas com o uso do *software* DIVA.

Os resultados demonstram significativo potencial do aproveitamento da luz natural nos ambientes analisados, o que pode contribuir para a maior eficiência energética no edifício. A luz natural pode desempenhar o papel da luz difusa nos espaços analisados, conjugada com o uso da luz artificial para trabalhos pontuais que exigirem níveis maiores de iluminação.

O trabalho reconhece a importância de se simular a luz natural nos espaços internos, para que essa possa ser pensada junto a outras estratégias de projeto, com sistemas de controle da luz diurna, garantindo assim os confortos visual e térmico para os usuários dos espaços. Para tanto, a simulação computacional se mostra eficaz por possibilitar a análise em diferentes contextos. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que o desenvolvimento de adequações do projeto de referência do Ministério da Saúde, relacionadas a sistemas de controle da luz solar, seriam benéficas para a redução do potencial de ofuscamento nos ambientes, principalmente onde há aberturas desprotegidas nas orientações norte e oeste. Ressalta-se, no entanto, que a necessidade de adequação varia com o clima luminoso do local. Como Fortaleza é a cidade de latitude mais ao norte, a incidência de menos luz direta (e consequente diminuição no ASE) nos ambientes internos pode ter influenciado este fato. Enquanto Cuiabá e Florianópolis apresentaram índices maiores de ASE. Devem ser estudadas outras latitudes em climas luminosos semelhantes para averiguar se a decisão pela seleção das cidades passaria pela classificação proposta por Fonseca, Fernandes e Pereira (2017), ou se seria mais adequado adotar-se a classificação por faixas de latitude como propõe a revisão da norma de desempenho, NBR 15.575, para a área de iluminação (ABNT, 2019). Para espaços com insuficiência de incidência da luz natural, soluções pontuais também poderiam ser pensadas, como o uso de vidro com maior transmissividade de luz ou aumento de aberturas para entrada da luz natural.

É reconhecida a limitação da análise ao não considerar todos os elementos do entorno da edificação, visto que esse é um projeto de referência e sua construção foi hipotetizada para as três cidades escolhidas.

Para trabalhos futuros recomenda-se a análise do Projeto de Referência de Iluminação Artificial para UPA Porte III, também disponibilizado pelo Ministério da Saúde, integrado à iluminação natural. Também é proposta a simulação computacional de dispositivos de proteção solar para a redução do potencial de ofuscamento observado nos ambientes estudados no presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, S. N.; FIGUEIREDO, C. R.; SÁNCHEZ, J. M. M. A percepção visual como elemento de conforto na arquitetura hospitalar. **Revista Projetar**, v.3, n.3, p.71-84, dez. 2018.

ARIPIN, S. Healing architeture: daylight in hospital design. In: Conference on Sustainable Building South East, Asia, 2007, Malasia. **Anais**…, Malásia, 2007. Disponível em: https://www.academia.edu/696902/_HEALING_ARCHITECTURE_DAYLIGHT_IN_HOSPITAL_DESIGN Acesso em mar. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575**: Edificações habitacionais — Desempenho, Parte 1: Requisitos gerais: Interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Projeto Referência UPA 24h Porte 3**. Brasília, 2014. Disponível em: <https://antigo.saude.gov.br/sismob/instrutivo-e-legislacao-dos-programas/rede-de-atencao-a-urgencia>. Acesso em fev. 2020.

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.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Hospitalar e de Urgência. Coordenação Geral de Urgência e Emergência. **Programa arquitetônico mínimo: Unidade de Pronto Atendimento UPA 24h**. v .2.0, 2018. Disponível em: <https://antigo.saude.gov.br/images/pdf/2018/janeiro/26/PROGRAMA-ARQUITETONICO-MINIMO-UPA-24-H-VERSAO-2.0-2018.pdf>. Acesso em mar. 2020.

CAVALERI, M. P. M.; CUNHA, G. R. M.; GONÇALVES, J. C. S. Iluminação natural em edifícios de escritórios: avaliação dinâmica de desempenho para São Paulo. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 9, n. 1, p. 19-34, 2018.

DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas**: métodos de determinação e base de dados para tintas látex, acrílica e PVA. 2008. 160p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

FONSECA, R. W.; FERNANDES, F. F. A; PEREIRA, E. O. R. Zoneamento bioclimático referente à iluminação natural para o território brasileiro. In: XIV ENCAC - Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído, X ELACAC – Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais**. Balneário Camboriu, 2017. p. 1889-189

FONSECA, R. W.; PEREIRA, F. O. R. Sequência metodológica para a estimativa da iluminação natural e suas implicações em sistemas de avaliação de desempenho de edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 55-68, 2017.

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

JAKUBIEC, J. A.; REINHART, C. F. DIVA 2.0: Integrating daylight and thermal simulations using Rhinoceros 3D, Daysim and EnergyPlus. In: 12TH INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE, 2011, Sydney. **Anais...** Sydney: IBPSA, 2011, p. 2202-2209

GARCIA, M. S.; SOUZA, R. V. G.; MARTINS, M. L.; VELOSO, A. C. O. Integrando simulação de iluminação natural no processo de projeto: análise comparativa entre duas plataformas computacionais. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v.15, n. 2, p.69-83, 2020.

MATOS, J.C.S.F.; SCARAZZATO, P.S. A iluminação natural no projeto de arquitetura: revisão sistemática da literatura. **PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 8, p. 249-256, 2017.

REINHART, C.; BRETON, P-F. Experimental validation of 3DS MAX® design 2009 and DAYSIM 3.0. In: 11th INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE, 2009, Glasgow. **Anais...** Glasgow: IBPSA, 2009, p. 1514-1521.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil, CAPES.