ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Iluminação natural em abertura zenital e lateral: uma análise comparativa

Daylight in zenithal and lateral opening: a comparative analysis

Ludmila Brunow Orlandi
Universidade Federal do Espírito Santo | Vitória | Brasil | ludmila.brunow@gmail.com
Andréa Coelho Laranja
Universidade Federal do Espírito Santo | Vitória | Brasil | andrea.laranja@ufes.br

Resumo

A iluminação natural no ambiente está vinculada à área das aberturas. Códigos de obras regulam estas áreas, estipulando mínimos ou permitindo sua redução quando posicionadas de forma zenital, como no Código de Obras de Vitória-ES, que permite que a abertura zenital tenha uma redução de até 30% de sua área se comparada a abertura lateral. O objetivo desta pesquisa é analisar a disponibilidade de iluminação natural em abertura zenital e lateral a partir das premissas dispostas no Código de Obras de Vitória-ES. A metodologia consiste em simulações no *software* Troplux 8, em ambiente sob o céu dinâmico de Vitória-ES. Na análise as aberturas são orientadas para Norte, Sul, Leste e Oeste: quatro modelos com abertura lateral, quatro modelos com abertura zenital tipo *shed* com redução de 30% da área envidraçada. As métricas são: Iluminância Útil de Luz Natural (IULN), Uniformidade (U) e Autonomia de Luz Natural (ALN). Apesar do *shed* apresentar melhores resultados na Uniformidade e na faixa de iluminância excessiva, foi na orientação Sul que se obteve resultados aceitáveis na faixa de iluminância suficiente, dado que em 50% do ano o *shed* apresenta performance lumínica similar à da janela.

Palavras-chave: Iluminação natural. Abertura zenital. Simulação computacional. Código de obras. Shed.

Abstract

Natural lighting in an environment is linked to the area of openings. Building codes regulate these areas, stipulating minimums or allowing for their reduction when positioned zenithally, as in the Building Code of Vitória-ES, which allows for a reduction of up to 30% in zenithal opening area if compared to a lateral opening. The objective of this research is to analyze the availability of natural lighting through zenithal and lateral openings based on the premises set out in the Building Code of Vitória-ES. The methodology consists of simulations using the Troplux 8 software, in an environment under the dynamic sky of Vitória-ES. In the analysis, the openings are oriented to the North, South, East, and West: four models with lateral openings and four models with shed-type zenithal openings with a 30% reduction in glazed area. The metrics are: Useful Daylight Illuminance (UDI), Uniformity (U), and Daylight Autonomy (DA). Although the shed-type opening presents better results in Uniformity and in the range of excessive

Como citar:
ORLANDI, L. B; LARANJA, A. C. Iluminação natural em abertura zenital e lateral: uma análise comparativa. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

illuminance, it was in the South orientation that acceptable results were obtained in the range of sufficient illuminance, given that for 50% of the year the shed-type opening shows similar lighting performance to that of the window.

Keywords: Daylight. Zenithal opening. Computational simulation. Building code. Shed.

INTRODUÇÃO

A iluminação natural permite a realização de tarefas, além de propiciar benefícios psicológicos e fisiológicos ao usuário, especialmente no que diz respeito ao ciclo circadiano [1, 2]. Ela pode ainda aumentar o desempenho energético das edificações ao reduzir o consumo de iluminação artificial [3, 4].

Esta iluminação no ambiente interno está diretamente relacionada a área e localização das aberturas, podendo ser mencionadas as laterais, como janelas, e as zenitais em suas diversas tipologias, como domos, claraboias, lanternins, *sheds*, dentre outros. Pesquisas, porém, demonstram que a extensão do piso que terá acesso à luz natural é dependente das combinações possíveis destas aberturas laterais e zenitais, as quais por sua vez são dependentes da forma do edifício [4]. Neste contexto, encontram-se as tipologias arquitetônicas de *shopping centers*, que adotam inúmeras vezes as aberturas zenitais em substituição às laterais como forma de disponibilizar luz natural para o ambiente interno. Mayhoub e Rabboh afirmam que o índice de vendas é maior em lojas com claraboias do que em lojas equivalentes sem claraboias, com a melhora da qualidade arquitetônica dos espaços internos e bem-estar dos operadores e clientes [5].

Por outro lado, no contexto normativo, códigos de obras, que são instrumentos reguladores preconizadores de padrões mínimos na garantia de segurança, habitabilidade e funcionalidade das edificações, não garantem inúmeras vezes desempenho luminoso satisfatório para realização das atividades. As exigências para iluminação natural nos códigos de obras estão relacionadas com as áreas de aberturas mínimas em função da área do piso [6]. Para Pereira, Schmitt e Moraes a adoção deste parâmetro é frequente em municípios de diferentes zonas climáticas e não está respaldada em trabalhos científicos [7]. Também Albuquerque e Amorim, em relação à luz natural, enfatizam que diversos parâmetros não são abordados de maneira satisfatória em código de obras, normas ou manuais [8].

Em Vitória-ES, local de aplicação desta investigação, o Código de Obras indica que aberturas laterais podem ser substituídas por aberturas zenitais, locadas no plano vertical ou não, com uma redução de até 30% na sua área envidraçada com relação à abertura lateral [9]. Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa é analisar a disponibilidade de iluminação natural em aberturas zenitais e laterais a partir das premissas dispostas no Código de Obras de Vitória-ES.

MÉTODO

Esta pesquisa é exploratória e aplicável apenas ao ambiente específico estudado. Os procedimentos metodológicos adotados foram estruturados em quatro etapas a

seguir detalhadas, sendo: (1) caracterização do ambiente interno; (2) definição das aberturas; (3) realização das simulações computacionais no *software* Troplux 8.0.71 e (4) análise das métricas utilizadas.

CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE INTERNO

As simulações foram realizadas na cidade de Vitória-ES (LAT 20°19’15”S e LONG 40°20'10"O), localidade de clima tropical úmido. Para definição da geometria do ambiente interno, utilizou-se como modelo-base um ambiente retangular existente, localizado em *shopping center* em Vitória-ES, sendo desconsideradas edificações obstruídoras no entorno. Este modelo-base possui área de 50m², com dimensões de 7,07m x 7,07m x 5,30m, respectivamente largura, profundidade e pé-direito, classificado no Grupo A do Código de Obras de Vitória [9], como ambiente de trabalho (Tabela 1).

Tabela 1: Parâmetros adotados para o ambiente interno de acordo com o Código de Obras de Vitória-ES

Dimensão	Exigência do Código de Obras	Dimensão adotada
Pé-direito (Pd)	Pd ≥ 2,60m	Pd = 5,30m
Largura (L)	L ≥ 2,00m	L = 7,07m
Profundidade (P)	P ≤ 4 x L	P = 7,07m
Área (A)	A ≥ 7,50m²	A = 49,9849m² ≈ 50m²

Fonte: as autoras.

A partir do modelo-base foram gerados os modelos a serem simulados, sendo eles: um primeiro modelo caracterizado como ambiente com abertura lateral e um segundo modelo como ambiente caracterizado com abertura zenital do tipo *shed*.

DEFINIÇÃO DAS ABERTURAS

O ambiente com abertura lateral pode possuir área envidraçada de no mínimo 1/8 da área do piso do ambiente, de acordo com o preconizado pelo Código de Obras de Vitória-ES [9]. Já no que se refere a área envidraçada do ambiente com abertura zenital, o Código de Obras de Vitória permite que esta seja função da área da abertura lateral (janela), sendo possível adotar uma redução de até 30% desta área envidraçada [9]. Assim, foram estabelecidas as seguintes áreas mínimas da abertura lateral e zenital, de acordo com os requisitos estabelecidos pelo Código de Obras de Vitória-ES [9] (Tabela 2).

Tabela 2: Parâmetros adotados de acordo com o Código de Obras de Vitória-ES para as aberturas

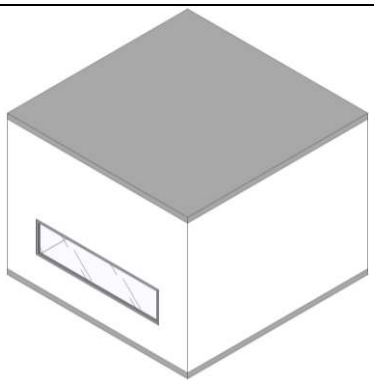
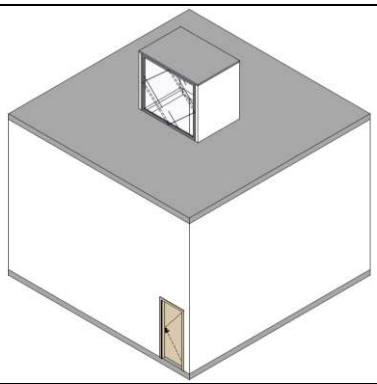
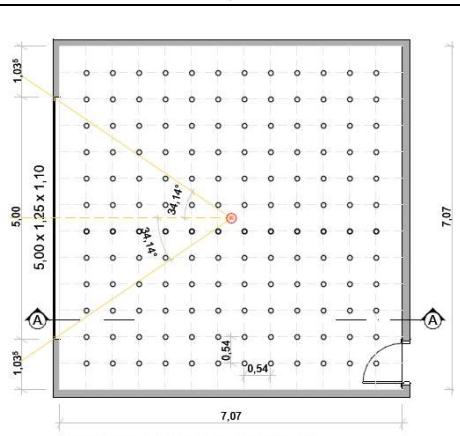
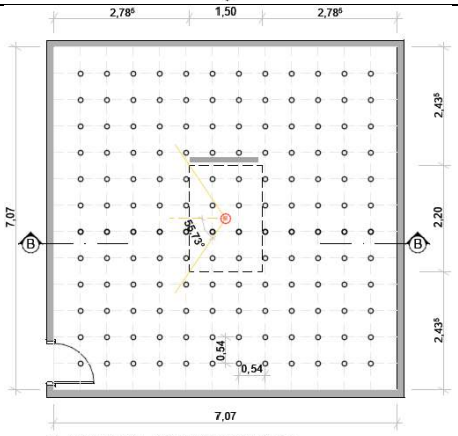
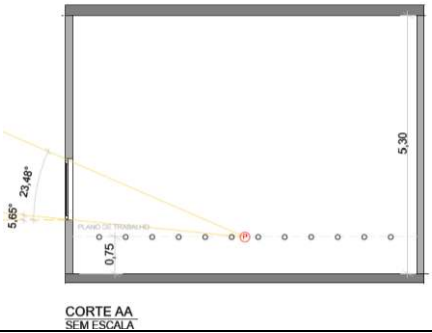
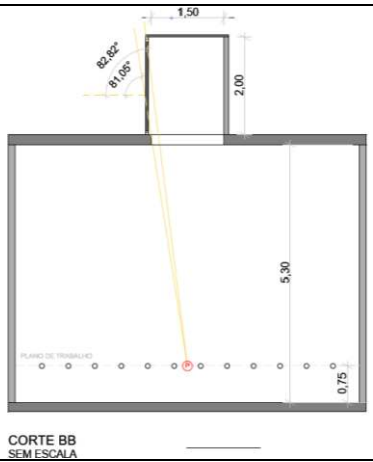
Dimensão	Exigência do Código de Obras	Dimensão adotada
Área Abertura Lateral (AAL)	AAL ≥ ⅛ A e ≥ 0,6m²	AAL = 6,25m²
Área Abertura Zenital (AAZ)	AAZ ≥ 0,7(⅛ A)	AAZ = 4,375m² ≈ 4,4m²

Fonte: as autoras.

O primeiro modelo foi caracterizado como ambiente com abertura lateral e dispõe de uma janela centralizada na parede com vidro comum de 1,25m x 5,0m x 1,10m, respectivamente altura, comprimento e peitoril, satisfazendo a área de 6,25m² (Tabela 3). O segundo modelo foi caracterizado como ambiente com abertura zenital do tipo *shed*. De acordo com Mapelli, Laranja e Alvarez esta tipologia de abertura contribui

para o aumento da Uniformidade (U) e consequentemente da redução do contraste luminoso em localidade com característica de céu encoberto [10]. Adotou-se, desta forma, abertura zenital do tipo *shed*, centralizada no teto com vidro comum na vertical com dimensões de 2,00m x 2,20m, respectivamente altura e comprimento, satisfazendo a área envidraçada de 4,4m². Adotou-se como dimensões do *shed* 2,00m x 1,50m, altura e largura, respectivamente, de acordo com a proporção 4/3 (altura/largura) indicada por Acosta *et al*., que afirmam que a tipologia zenital *shed* em céu-nublado, independente das dimensões do ambiente, confere melhor desempenho lumínico [11] (Tabela 3).

Tabela 3: Perspectiva esquemática, planta-baixa com malha de pontos e corte dos modelos com ângulos verticais

Abertura lateral	Abertura zenital
	
	
	

Fonte: as autoras.

SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

O *software* TropLux 8.0.71 [12] foi utilizado para execução das simulações computacionais, as quais ocorreram das 7h30 às 17h30 em todos os dias do ano. Foi adotado o Céu com Distribuição Dinâmica de Luminâncias (CDDL), o qual baseia-se no arquivo climático da cidade de Vitória-ES, sendo consideradas as componentes diretas e difusas da luz.

No cálculo das métricas foi adotada uma malha de pontos no ambiente, gerada automaticamente pelo *software,* com base nos critérios da norma internacional IES LM-83-12 [13]. Está malha ortogonal é alocada no plano selecionado pelo usuário, neste caso, é composta por 144 pontos com altura do plano de medição a 75cm do piso, referente ao plano de trabalho (Tabela 3).

Quanto às refletâncias das superfícies internas e externas, foram adotados valores indicados pela NBR ISO/CIE 8995-1, sendo: 0,5 para o piso; 0,8 para as paredes; 0,9 para o teto; 0,4 para as superfícies externas [14].

As simulações foram realizadas com os modelos nas orientações Norte, Sul, Leste e Oeste: quatro modelos com abertura lateral e quatro modelos com abertura zenital tipo *shed*. A partir de um ponto central (P) localizado no ambiente e dos ângulos horizontais e verticais determinados em planta-baixa e corte (Tabela 3) foi possível diagnosticar, para cada ambiente, os períodos de insolação na carta solar (Tabela 4).

MÉTRICAS UTILIZADAS

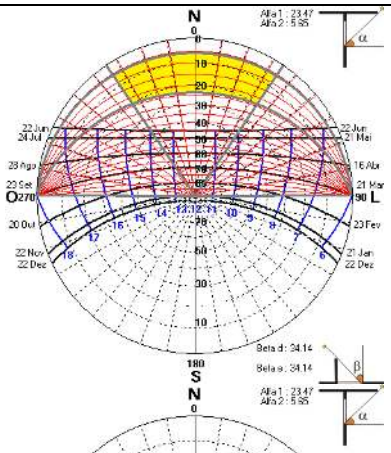
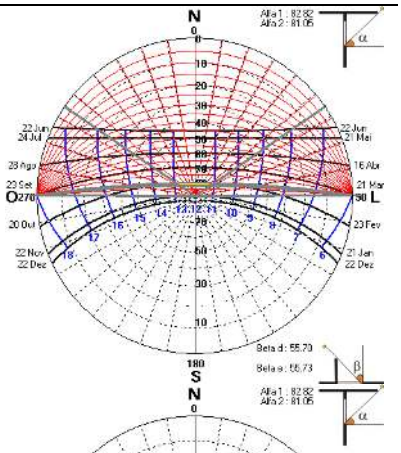
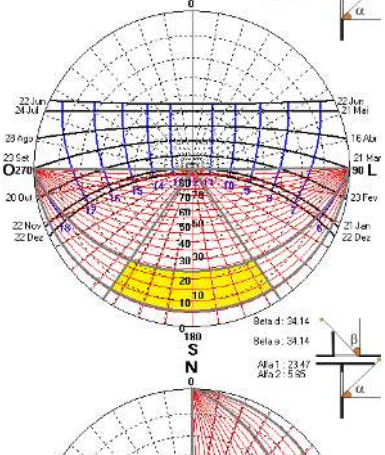
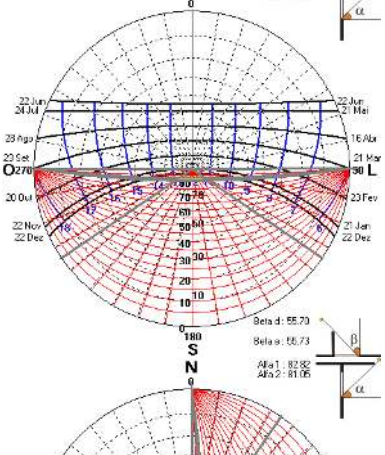
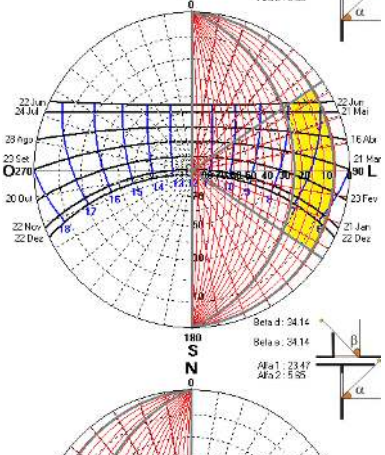
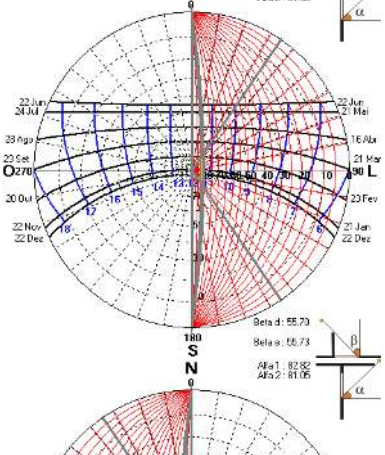
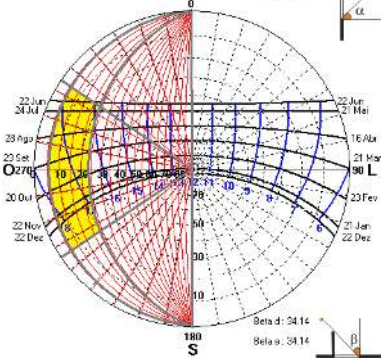
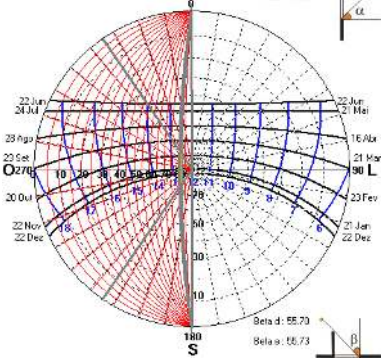
Nas análises lumínicas utilizou-se as métricas: Iluminância Útil de Luz Natural - IULN, proposta por Nabil e Mardaljevic [15]; a Uniformidade da iluminância (U), de acordo com a NBR ISO/CIE 8995-1 [14] e a Autonomia de Luz Natural - ALN, desenvolvida por *Association Suissedes Electriciens* e aperfeiçoado por Reinhart e Walkenhorst [16, 17].

A IULN expressa a porcentagem de horas em um ano em que a iluminância do ambiente avaliado permanece em cada uma das quatro faixas, indicando conforto ou desconforto visual. Para a IULN, admitiram-se os intervalos: $E \leq 100lx$ (iluminância insuficiente); $100lx \leq E \leq 500lx$ (iluminância suficiente com necessidade de iluminação complementar); $500lx \leq E \leq 3000lx$ (iluminância suficiente); $E \geq 3000lx$ (iluminância excessiva).

Já a Uniformidade da iluminância (U), que corresponde a razão entre o valor mínimo e o valor médio, permite avaliar a relação da quantidade de luz na área da tarefa e o seu entorno imediato. Deste modo de acordo com a NBR ISO/CIE 8995-1 adotou-se o valor 0,5 para o entorno imediato e 0,7 para a Uniformidade da iluminância na tarefa [14].

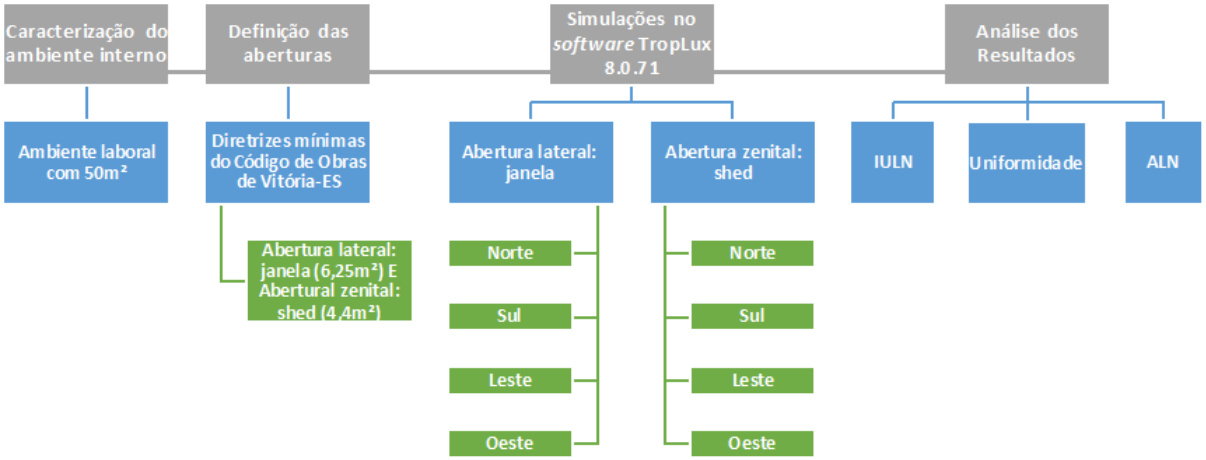
Por fim a ALN, correspondente ao percentual de horas em que um requisito mínimo de iluminância é atingido somente por luz natural. O valor de ALN adotado corresponde a 500lx, indicado pela NBR ISO/CIE 8995-1, correspondente a iluminância mínima de um ambiente de escritório, satisfazendo as atividades de escrita, digitação e leitura [14]. De acordo com Ribeiro e Cabús as faixas definidas para a IULN e para a ALN podem ser ajustadas conforme o uso do ambiente e dos requisitos de iluminação natural desejados [18]. A seguir apresenta-se o fluxograma da metodologia (Figura 1).

Tabela 4: Carta Solar de Vitória-ES com destaque em amarelo para o período de insolação

Orientação	Abertura lateral	Abertura zenital
Norte		
Sul		
Leste		
Oeste		

Nota: adaptado de SOL-AR 6.2. Fonte: as autoras.

Figura 1: Fluxograma do método da pesquisa



Fonte: as autoras.

RESULTADOS

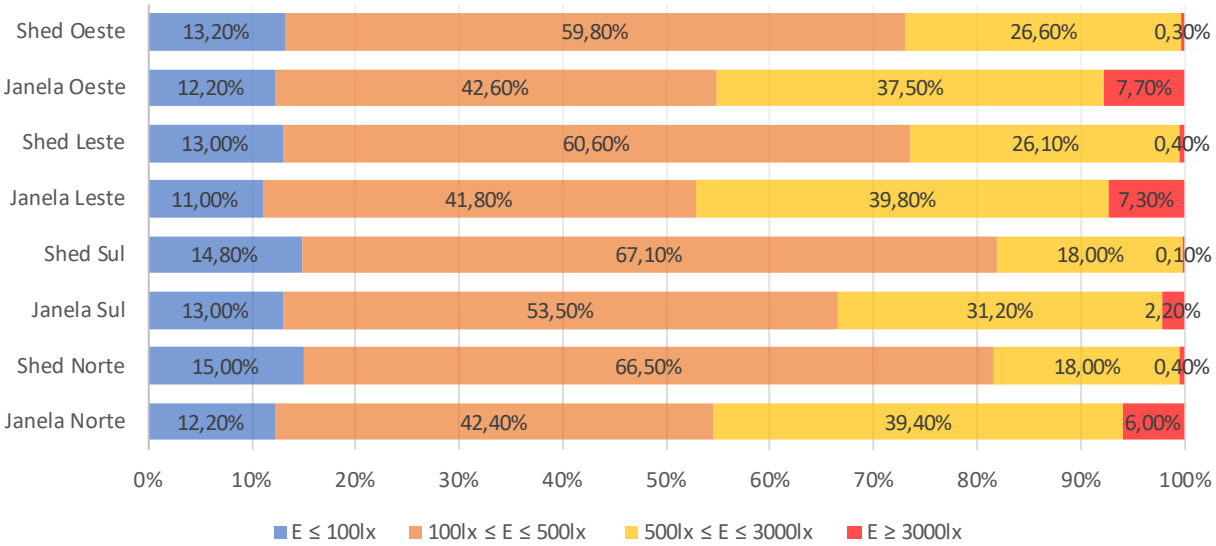
A seguir são apresentados os resultados obtidos para o ambiente dos oito modelos simulados, sendo quatro modelos com abertura lateral e quatro modelos com abertura zenital tipo *shed*.

No que se refere à faixa de iluminância excessiva (E ≥ 3000lx), como já era esperado, a abertura lateral obteve os maiores percentuais (Figura 2). Por outro lado, a abertura zenital apresenta potencial em reduzir os percentuais de iluminância excessiva (E ≥ 3000lx), apresentando valores que não atingem 0,5% (Figura 2). Desta forma, conclui-se que ao utilizar o ambiente com abertura lateral o usuário precisará realizar o controle do ofuscamento com persianas ou cortinas, o que acarretará maior demanda por iluminação artificial, além de redução da vista externa.

No que se refere à faixa de iluminância suficiente (500lx ≤ E ≤ 3000lx) a janela demonstra melhor desempenho em relação ao *shed*. Este último apresenta de 10% a 20% aproximadamente de redução de percentuais de iluminância nesta faixa, sendo a orientação Norte a que apresenta a maior redução (Figura 2). Desta forma, conclui-se que haverá maior demanda por iluminação artificial. Este resultado confirma o mencionado por Albuquerque e Amorim, que apontam uma abordagem insatisfatória nos parâmetros preconizados pelos códigos de obras, normas ou manuais [8].

Em relação a faixa de iluminância insuficiente (E ≤ 100lx) observa-se que as diferenças percentuais entre o modelo com abertura lateral e o modelo com abertura zenital são insignificantes (Figura 2). Pode se concluir desta forma que apesar da abertura zenital ter menor percentual de iluminância suficiente (500lx ≤ E ≤ 3000lx) e consequentemente demandar um pouco mais do uso de iluminação artificial do que a janela, pode-se afirmar que o *shed* apresenta a vantagem da redução da iluminância excessiva (E ≥ 3000lx) sem comprometimento da faixa de iluminância insuficiente (E ≤ 100lx), proporcionando menores contrastes lumínicos no ambiente (Figura 2).

Figura 2: Intervalos anuais de IULN para todas as orientações (N, S, L e O), utilizando os dois modelos de abertura



Fonte: as autoras

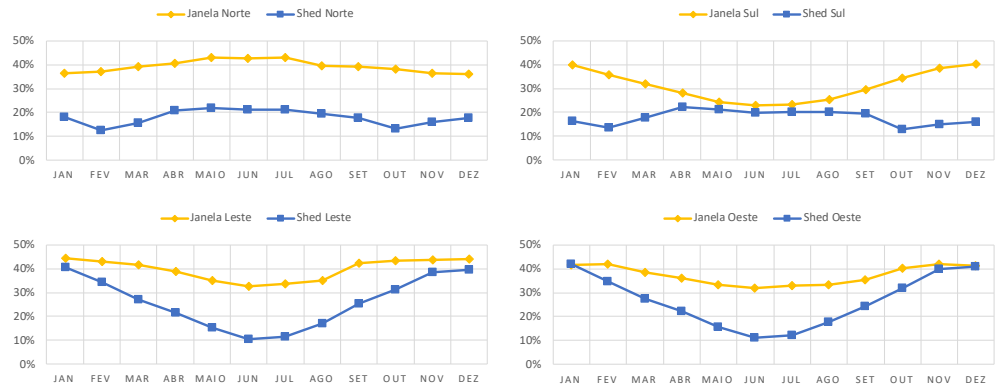
Em relação aos percentuais mensais de IULN na faixa de iluminância suficiente (500lx ≤ E ≤ 3000lx), para todas as orientações, como já era esperado, os ambientes com janela apresentam os maiores percentuais em todos os meses do ano (Figura 3).

Para a orientação Norte, em ambas as aberturas (lateral e zenital), observa-se uma leve queda na faixa da iluminância suficiente (500lx ≤ E ≤ 3000lx) nos meses de maior altura solar (outubro a fevereiro), em decorrência do fato de que Vitória-ES, nesta orientação, não possui radiação solar direta em alguns meses (novembro, dezembro e janeiro) e para outros apenas em pequenos períodos do dia (outubro e fevereiro) (Figura 3). Já para a orientação Sul, somente para o ambiente com janela, nos meses de março a setembro, há uma redução significativa no percentual de iluminância suficiente (500lx ≤ E ≤ 3000lx), provavelmente devido à inexistência da incidência solar direta nesta época do ano (Figura 3).

Destaca-se que para Norte e Sul ao longo do ano, há uma maior constância da iluminação nos ambientes providos de *shed*, com queda menos expressiva da iluminância (Figura 3). Este fato provavelmente é decorrente do menor ângulo vertical no ambiente com *shed*, o que reduzirá consequentemente o acesso da componente direta da luz (Figura 4). Diferente do comportamento da iluminação no ambiente com janela, que ao possuir maior ângulo vertical permite maior acesso da componente direta da luz (Figura 4).

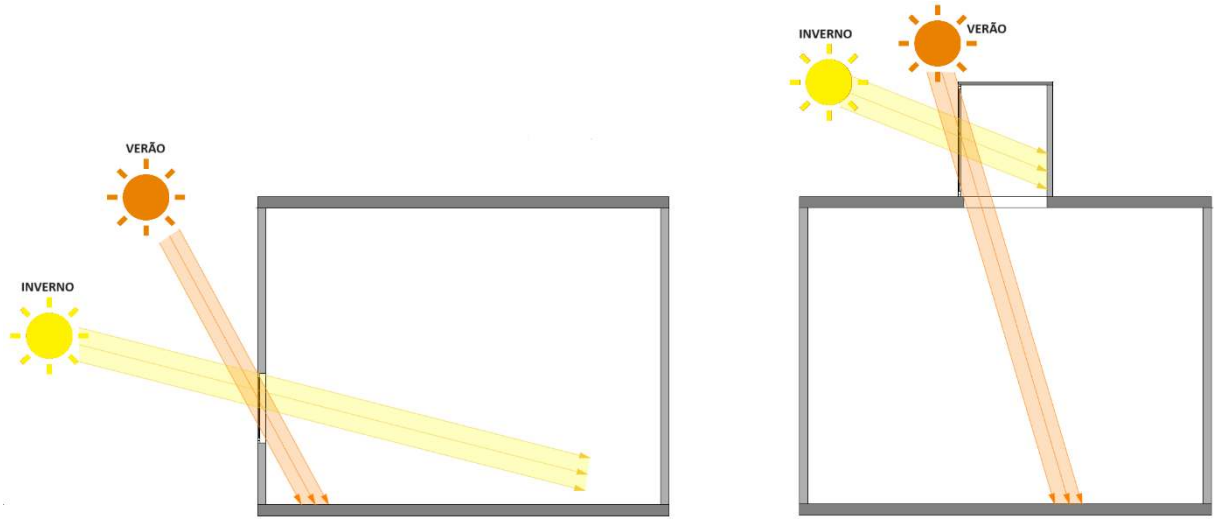
Para as orientações Leste e Oeste, nos ambientes com janela e *shed*, observam-se reduções nos percentuais da faixa de iluminância suficiente (500lx ≤ E ≤ 3000lx) entre os meses de março e setembro, provavelmente em função do tipo de céu desta época do ano. Essa queda é mais significativa nos *sheds*, com reduções que chegam a 20% à medida que se aproxima do mês de menor altura solar (junho) (Figura 3), provavelmente decorrente do menor ângulo vertical e menores períodos de insolação (Figura 4).

Figura 3: Percentuais mensais de IULN na faixa de iluminância suficiente (500lx ≤ E ≤ 3000lx), nas orientações Norte (à esquerda acima), Sul (à direita acima), Leste (à esquerda abaixo) e Oeste (à direita abaixo)



Fonte: as autoras.

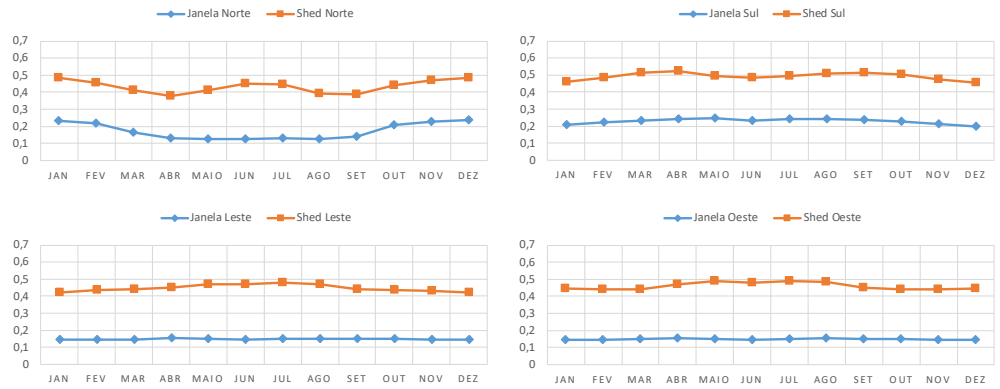
Figura 4: Croqui demonstrando o comportamento da radiação solar nos ambientes nos meses de maior altura solar (verão) e menor altura solar (inverno)



Fonte: as autoras.

No que se refere a Uniformidade, como já era esperado, os modelos com abertura lateral apresentam os piores resultados enquanto que os modelos com abertura zenital apresentam valores que se aproximam de 0,5 (Figura 5). Isto é decorrente, como já observado, da redução da iluminância excessiva (E ≥ 3000lx) sem comprometimento da faixa de iluminância insuficiente (E ≤ 100lx), o que possibilitou a redução dos contrastes lumínicos e ofuscamento nos modelos com *shed*. Observa-se, porém, que para todas as orientações nenhuma das aberturas atinge o valor 0,7 estabelecido pela norma NBR ISO/CIE 8995-1 [14]. Este resultado confirma o mencionado por Mapelli, Laranja e Alvarez, que encontraram resultados que expressam o aumento da Uniformidade (U) a partir do uso de aberturas zenitais [10].

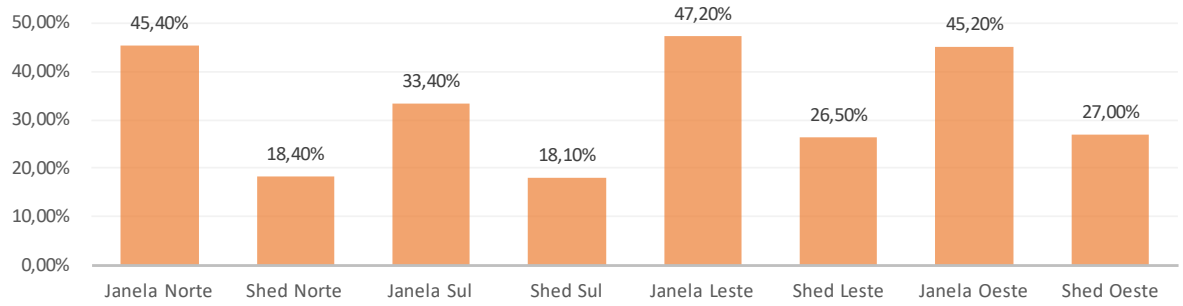
Figura 5: Valores mensais de Uniformidade nas orientações Norte (à esquerda acima); Sul (à direita acima); Leste (à esquerda abaixo) e Oeste (à direita abaixo)



Fonte: as autoras.

Em relação a ALN, os modelos com janela apresentam os maiores percentuais para todas as orientações. Já para os modelos com *shed*, quando comparados à mesma orientação da janela, observam-se que as maiores quedas nos percentuais acontecem na orientação Norte e as menores para Sul (Figura 6). Apesar desta melhor performance da janela, enfatiza-se a importância de avaliar os resultados da ALN em conjunto com o intervalo de iluminância excessiva (E ≥ 3000lx) da IULN. Neste sentido a abertura zenital passa a ser caracterizada como a de melhor desempenho.

Figura 6: Percentuais de ALN dos dois modelos de abertura para todas as orientações (N, S, L e O)



Fonte: as autoras.

CONCLUSÃO

O Código de Obras de Vitória-ES permite a substituição da abertura lateral pela abertura zenital com redução de até 30% em sua área mínima. Neste sentido esta pesquisa teve como objetivo analisar a disponibilidade de iluminação natural em aberturas zenitais e laterais a partir das premissas dispostas no Código de Obras de Vitória-ES. Foram simulados oito modelos de ambiente com as aberturas orientadas para Norte, Sul, Leste e Oeste, sendo quatro modelos com abertura lateral e quatro modelos com abertura zenital tipo *shed*, com simulações no céu dinâmico.

Como principais conclusões, destaca-se que a abertura zenital, para todas as orientações, apresenta potencial em reduzir os percentuais de iluminância excessiva (E ≥ 3000lx), ao contrário dos ambientes com janela.

Sobre a faixa de iluminância suficiente (500lx ≤ E ≤ 3000lx) apesar da janela demonstrar maiores percentuais em relação ao *shed*, apontando desta forma menor demanda por iluminação artificial, a ocorrência de elevados percentuais de iluminância excessiva (E ≥ 3000lx) nos ambientes com janela, conduzirá o usuário a realizar o controle do ofuscamento com persianas ou cortinas, reduzindo o uso da iluminação natural, com consequente aumento da demanda por iluminação artificial, além da perda da vista externa.

No que se refere a Uniformidade, os modelos com *shed* apresentam melhor performance, decorrente da redução da iluminância excessiva (E ≥ 3000lx) sem comprometimento da faixa de iluminância insuficiente (E ≤ 100lx).

Ao analisar mês a mês a faixa de iluminância suficiente (500lx ≤ E ≤ 3000lx), observa-se que na orientação Norte, a substituição da abertura lateral pela zenital acarretará em perdas lumínicas, visto que a janela apresenta valores 20% superiores em relação ao *shed*. Porém, para a orientação Sul, é aceitável essa substituição, visto que nos meses de março a setembro, 50% do ano, o *shed* possui uma performance lumínica similar à da janela. Para as orientações Leste e Oeste a substituição das aberturas laterais por *sheds* acarreta perdas lumínicas expressivas ao longo de todo o ano.

Em relação a ALN, apesar dos modelos com janela apresentarem um percentual superior aos modelos com *shed*, destaca-se a importância de avaliar estes resultados em conjunto com o intervalo de iluminância excessiva (E ≥ 3000lx) da IULN. Neste sentido a abertura zenital passa a ser caracterizada como a de melhor desempenho.

Desta forma, a pesquisa amplia a discussão sobre as premissas dispostas nos códigos de obras ao apontar a real performance lumínica do ambiente interno a partir de substituições das tipologias de aberturas e reduções de suas áreas. Considera também que uma proposição para o Código de Obras de Vitória-ES é a adoção de tipologias de aberturas zenitais associadas às suas respectivas orientações, em função da característica de céu da localidade, fornecendo, desta forma, melhor performance luminosa no ambiente interno.

Destaca-se também que os resultados obtidos se limitaram a quantificar os valores de iluminância, bem como compreender temporalmente a sua ocorrência. Pesquisas futuras com investigações acerca da distribuição da iluminância na superfície do ambiente, bem como das componentes direta e difusa da iluminação, serão os próximos passos do estudo.

Ressalta-se que esta pesquisa é exploratória e aplicável apenas ao ambiente específico estudado. Não foram consideradas diferentes configurações urbanas; variações nas características internas do ambiente, como refletâncias das superfícies e proporções do ambiente; tipos variados de vidro e dimensões variadas do *shed*; uso de dispositivos de sombreamento; outras tipologias de aberturas zenitais e por fim outros percentuais de redução de área envidraçada.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

[1] MOURE, R. V.; SANTOS, I. M. M. DOS. Iluminação natural, artificial e arquitetura em UTI : impactos na saúde do paciente. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 23, n. 7, p. 1–8, 2023.

[2] FREITAS, J. P.; LARANJA, A. C. Efeitos da luz natural na saúde humana: uma revisão sistemática da literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2021, Palmas-TO. **Anais [...]** Palmas (TO) online: ANTAC, 2021. p. 1649-1656.

[3] BALOCH, R. M.; MAESANO, C. N.; CHRISTOFFERSEN, J.; MANDIN, C.; CSOBOD, E.; FERNANDES, E. DE O.; ANNESI-MAESANO, I. Daylight and School Performance in European Schoolchildren. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 258, p. 1-13, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph18010258.

[4] LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. São Paulo: PROCEL Edifica, 2014.

[5] MAYHOUB, M. S.; RABBOH, E. H. Daylighting in shopping malls: Customer's perception, preference, and satisfaction. **Energy and Buildings**, v. 255, p. 111691, jan. 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111691

[6] FERNANDES, J. T. **Código de obras e edificações do DF: inserção de conceitos bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética**. 2009. 249 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

[7] PEREIRA, F. O. R.; SCHMITT, M.; MORAES, L. N. Zoneamento luminoso do território brasileiro através de histogramas de frequência acumulada de ocorrência de iluminâncias horizontais difusas externas. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12.; ENCONTRO LATINOAMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., Campinas-SP. **Proceedings [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2015.

[8] ALBUQUERQUE, M. S. C. DE; AMORIM, C. N. D. Iluminação natural: indicações de profundidade-limite de ambientes para iluminação natural no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais – RTQ-R. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 2, p. 37–57, abr./jun. 2012.

[9] VITÓRIA. Lei n°. 4821, de 30 de dezembro de 1998. **Código de Edificações do Município de Vitória**. Vitória, 1998.

[10] MAPELLI, Y. R.; LARANJA, A. C.; ALVAREZ, C. E. DE. Avaliação de desempenho entre as tipologias de aberturas zenital e lateral no quesito iluminação natural de ambientes internos. **Cadernos PROARQ**, v. 31, p. 83–99, jul. 2018.

[11] ACOSTA, I.; NAVARRO, J.; SENDRA, J. J.; ESQUIVIAS, P. Daylighting design with lightscoop skylights: Towards an optimization of proportion and spacing under overcast sky conditions. **Energy and Buildings**, v. 49, p. 394–401, jun. 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.02.038

[12] CABÚS, R. C.; RIBEIRO, P. V. S.; BASTOS, O. M. K.; SILVA, L. F. **TropLux 8**. Titulares: Universidade Federal de Alagoas, Instituto Lumeeiro. BR512020002087-9. Criação: 10 set. 2019. Registro: 06 out. 2020.

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

[14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO - CIE 8995: Iluminação em Ambientes de Trabalho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

[15] NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings. **Lighting Research & Technology**, v. 37, n. 1, p. 41-57, 2005. DOI: 10.1191/1365782805li128oa.

[16] ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS. **SN 418911: eclairage intérieur par la lumière du jour**. Zurich, 1989.

[17] REINHART, C.; WALKENHORST, O. Validation of Dynamic RADIANCE-Based Daylight Simulations for a Test Office With external BLINDS. **Energy and Buildings**, Freiburg, v. 33, n. 1, p. 683-697, jan. 2001.

[18] RIBEIRO, P. V. S.; CABÚS, R. C. Análise da influência da malha de pontos em índices de avaliação de desempenho da luz natural. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 4, p. 317–333, 2019.