

AVALIAÇÃO DO CUMPRIMENTO DE ESTRATÉGIAS DE CONFORTO TÉRMICO E USO DE ILUMINAÇÃO NATURAL EM UMA RESIDÊNCIA DE AÇAILÂNDIA-MA

EVALUATION OF COMPLIANCE WITH THERMAL COMFORT STRATEGIES AND USE OF NATURAL LIGHTING IN A RESIDENCE IN AÇAILÂNDIA-MA

Data de aceite: 10/03/2022 | Data de submissão: 31/01/2024

MELO, Leonardo do Nascimento, mestrando em Engenharia Civil
UDESC, Joinville, Brasil, E-mail: leonardo.melo@edu.udesc.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5256-7725>.

HARA, Américo Hiroyuki, doutor
UDESC, Joinville, Brasil, E-mail: américo.hara@udesc.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0836-3191>.

HACKENBERG, Ana Mirthes, doutora
UDESC, Joinville, Brasil, E-mail: ana.hackenberg@udesc.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3751-8105>.

RESUMO:

Consumo de energia elétrica ocupa o segundo lugar das fontes energéticas mais consumidas no Brasil e está diretamente ligado ao conforto nas edificações. A fim de incentivar práticas de uso racional de energia nas edificações, o presente trabalho objetiva avaliar o cumprimento das estratégias estabelecidas por norma para conforto térmico e a utilização de iluminação natural em uma residência em Açailândia, Maranhão. Para isso, comparou-se o projeto da residência com o gráfico de Givoni para a região e com norma regulamentadora de conforto térmico e realizou-se simulação dinâmica da iluminância útil da luz natural. A residência atingiu parcialmente os requisitos estabelecidos pela normatização, entretanto alguns cômodos apresentam iluminação dentro do aceitável e desejável. Portanto, concluiu-se que a residência apresenta iluminação desejável, porém não é termicamente confortável, assim, torna-se necessário a utilização de soluções projetuais para atingir o conforto térmico, desde que não influenciem negativamente a iluminação.

PALAVRAS-CHAVE:

Eficiência energética. Iluminação natural. Gráfico de Givoni.

ABSTRACT:

Consumption of electrical energy occupies the second place of most consumed sources of energy in Brazil, and it's directly connected to comfort in buildings. In order to incentivize practices of rational use of energy at edifications, this present work has the objective to evaluate the compliance of the established strategies by standards to the thermal comfort and the utilization of natural lighting at a

residence in Açailândia, Maranhão. For that, it was compared the residential project to the Givoni chart for the region, and to the regulatory standard of thermal comfort, and it was carried out a dynamic simulation of the useful illuminance of natural light. The residence partially met the requirements established by the standardization; however, some rooms have lighting acceptable and desirable. Therefore, it was concluded that the residence has desirable lighting, however it is not thermally comfortable, therefore, it is necessary to utilize solutions to achieve thermal comfort, as long as they do not negatively influence the lighting.

KEYWORDS:

Energy efficiency. Natural lighting. Givoni chart.

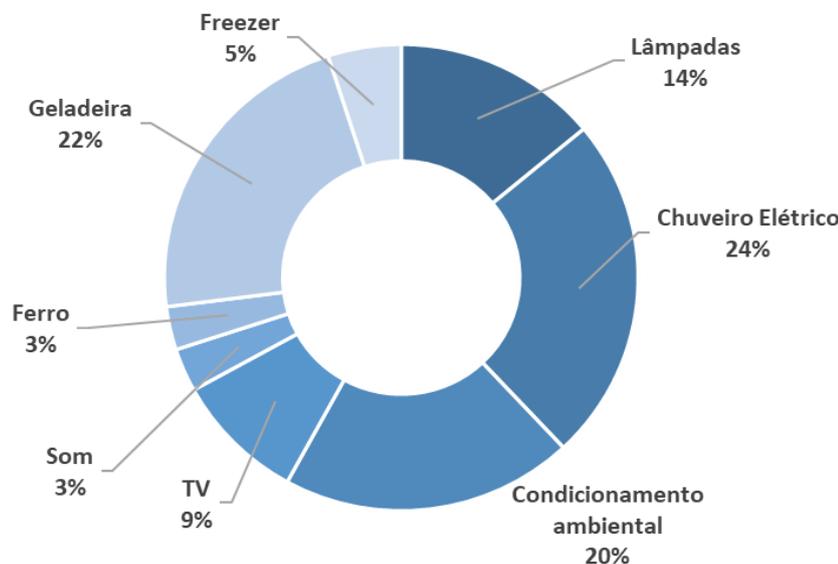
1. INTRODUÇÃO

Segundo WORLD GBC (2020), as pessoas passam cerca de 80% a 90% do seu tempo dentro de edificações. Em virtude disso, entende-se que é importante compreender o comportamento de uma edificação nos aspectos de eficiência energética e iluminação natural, visto que o ambiente construído possui relação direta com o usuário, uma vez que, mesmo de maneira inconsciente, a habitação influencia no bem-estar e na qualidade de vida do morador (ARAUJO; VILLA, 2020).

O consumo de energia elétrica ocupa o segundo lugar das fontes energéticas mais consumidas no Brasil, estando atrás somente do petróleo (EPE, 2022). A constante busca por qualidade e melhora de vida e desenvolvimento humano atua nesse contínuo crescimento do consumo de energia elétrica (ABRAHÃO; SOUZA, 2016). Mesmo com todos os esforços voltados para o desenvolvimento e melhora no consumo eficiente de energia elétrica no país, o Brasil apresentou, no ano de 2021, um crescimento desse consumo de 4,6% em comparação ao ano anterior. As residências brasileiras utilizaram 30,1% de todo esse consumo, ficando atrás somente da Indústria, visto que o setor atingiu a marca de 36,3% (EPE, 2022).

O consumo de energia nas residências está diretamente ligado ao conforto, tanto luminoso quanto térmico, que a edificação pode trazer ao morador. A Figura 1 indica que 58% da carga utilizada nas residências (compreendendo os itens de iluminação, condicionamento ambiental e chuveiro elétrico) é voltada para o conforto térmico e luminoso do usuário na região nordeste do Brasil (PROCEL, 2007).

Figura 1: Consumo final na carga residencial na Região Nordeste do Brasil.



Fonte: Adaptado de PROCEL (2007).

Neste cenário, é primordial o incentivo às práticas de uso racional de energia nas edificações, táticas de melhora no desempenho térmico e máxima utilização da iluminação natural, considerando sempre o conforto visual. Portanto, uma análise das características dos fechamentos e aberturas de projetos por meio de simulação computacional e verificação das condições térmicas e de iluminação do ambiente construído é primordial para condução na criação de políticas públicas e alterações nas diretrizes de construção de novos edifícios (CHEPP; GASPARIN, 2019).

Em virtude do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o cumprimento das estratégias estabelecidas por norma para conforto térmico e utilização de iluminação natural em uma residência unifamiliar em Açailândia, Maranhão. Para isso, foram realizadas simulações de iluminação natural na residência através do programa APOLUX IV, segundo parâmetros da Iluminância Útil da Luz Natural (*Useful Daylight Illuminance* - UDI) e comparação das estratégias para conforto térmico estabelecidas pela carta bioclimática de GIVONI e pela NBR 15220-3/2005 com o projeto executado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Ashrae (2005), conforto térmico é uma condição inerente à satisfação do ser humano com as condições térmicas do seu meio ambiente. Ainda segundo o autor, o parâmetro pode variar de acordo com cada indivíduo e depende de fatores quantificáveis, como temperatura e velocidade do ar, umidade, incidência solar, entre outros; e de fatores complexos, como: estado mental, hábitos, educação e cultura.

Para obtenção de um ambiente que tende a ser confortável, as normas de conforto térmico se apresentam como uma ferramenta essencial (RIBEIRO, et al., 2020). A NBR 15220-3/2005, divide o Brasil em oito zonas e estabelece uma série de recomendações e estratégias construtivas para edificações construídas em diferentes regiões do país para garantir a adequação climática em habitações de interesse social, a fim de assegurar conforto térmico ao proprietário durante a fase de uso da edificação.

De acordo com Reis *et al.* (2023), o não cumprimento dos parâmetros estabelecidos pelas normas NBR 15575/2013 e NBR 15220/2005 resulta no comprometimento do conforto térmico nas residências e eleva os gastos com energia por meio da utilização de meios artificiais de climatização. Para Almario, Reis e Leite (2023), a adesão de estratégias que visem o conforto térmico pode entregar um aumento de 34% no desempenho térmico da edificação durante o período do inverno, 3% no verão e cerca 14% de horas de conforto a mais para os usuários nas residências.

Filho (2007), afirma que a iluminação é determinante na avaliação de conforto visual, uma vez que as tarefas visuais só podem ser executadas se todos os ambientes estiverem bem iluminados. Para o autor, a inadequação da iluminação no ambiente pode provocar danos à saúde do indivíduo. Para Muzi *et al.* (2021), a utilização de iluminação natural resulta na melhora de eficácia dentro de edificações, auxiliando assim na prestação de cuidados de saúde e possibilita a recuperação mais rápida do paciente.

A NBR ISO/CIE 8995-1/2013 especifica requisitos de iluminação para ambientes internos e requisitos para garantia de segurança e conforto visual durante o desempenho de tarefas visuais. A norma apresenta os lumens mínimos necessários para cada ambiente, tarefa e atividade.

De acordo com Nabil e Mardaljevi (2005), as iluminâncias da luz do dia podem variar em uma magnitude perceptível de variância proporcional à distância de abertura e inclinação do sol em relação ao ambiente, portanto, as métricas para medir iluminância devem incluir, de alguma maneira, a enorme variedade de níveis que podem ocorrer ao longo do ano, fato que só pode ocorrer quando, ao invés de fixar-se um valor em lux, se determinar uma faixa de iluminância ao longo do plano de trabalho, variando entre os limites máximo e mínimos, sendo assim conhecido como iluminância útil da luz do dia, do inglês *useful daylight illuminances* (UDI). Mardaljevi et al. (2012), dividiram os níveis de UDI para verificação de conforto lumínico no ambiente da seguinte forma:

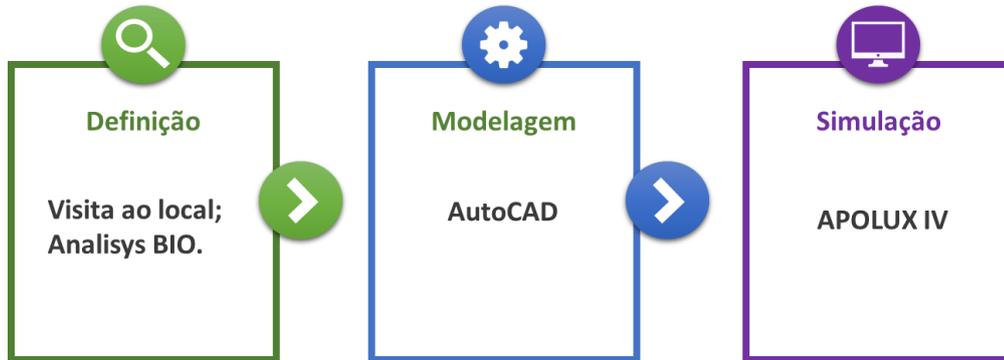
- UDI menor que 100 lux - abaixo do aceitável;
- UDI entre 100 e 300 lux – aceitável, mas abaixo do desejável;
- UDI entre 300 e 3000 lux – aceitável e desejável;
- UDI acima de 3000 lux – acima do desejável;

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A fim de atingir o objetivo estabelecido, a metodologia do presente artigo foi dividida em três etapas. A primeira etapa (Definição) constituiu-se por uma revisão bibliográfica acerca dos temas relacionados ao conforto térmico e utilização de iluminação natural e de uma visita ao local do estudo de caso para coleta de dimensões da edificação e análise do aspecto da eficiência energética e da disponibilidade da iluminação natural anual nos recintos. A etapa Modelagem é caracterizada pela modelagem em 3D da residência com o auxílio do *software* AutoCAD com as faces sendo desenhadas no sentido anti-horário para que elas fiquem posicionadas para dentro do ambiente (TEIXEIRA; AYMOME, 2019). Por fim, na etapa de Simulação, com o auxílio do *software* APOLUX IV foi realizada uma simulação de disponibilidade de luz natural ao longo do ano, conforme Figura 2.

Segundo Sátyro e D'Albuquerque (2020), os estudos de caso permitem a validação e maturação do nível da pesquisa, permitindo a implementação de indicadores que reflitam os conceitos medidos por ela. Ainda segundo os autores, os estudos de caso são constituídos como estratégias de pesquisa que possuem valor e nível de complexidade que proporcionam um exame detalhado em casos individuais de temas acordados na literatura.

Figura 2: Procedimento metodológico.



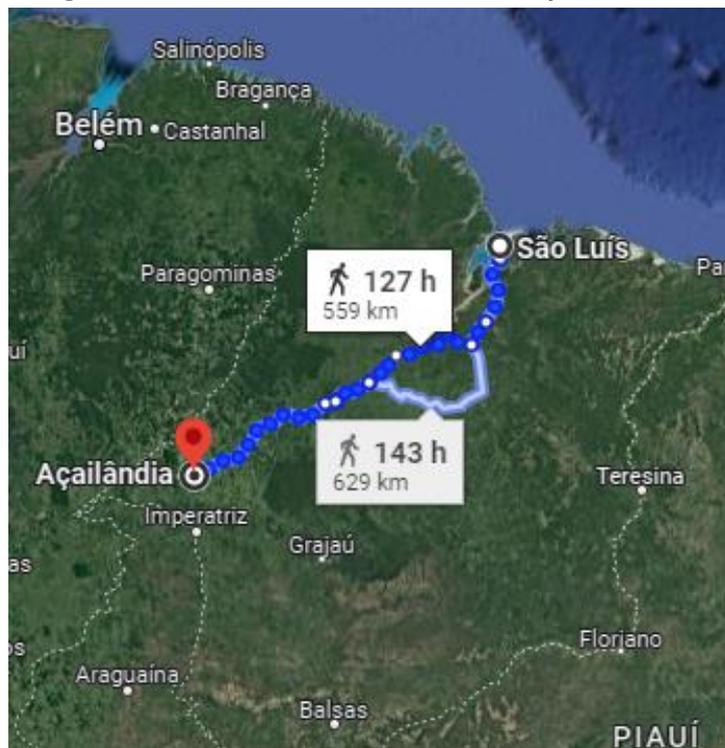
Fonte: Adaptado de CARPANEDO et al. (2019).

3.1 Caracterização do estudo de caso

3.1.1 Açailândia - MA

A cidade de Açailândia, localizada no estado do Maranhão, com 629 km de distância da capital São Luís (Figura 3), com área de 5.805,16 km² e possuindo cerca de 113.783 mil habitantes, é um centro sub-regional B (3B), ou seja, possui uma gestão com menor complexidade e influência em extensão territorial quando comparada a sua capital, São Luís (IBGE, 2021). Ainda segundo o órgão, a região apresenta somente 13% do esgoto sanitário necessário, 59,5% de suas vias possuem arborização e somente 6,4% delas são urbanizadas.

Figura 3: Distância entre São Luís/MA e Açailândia/MA.

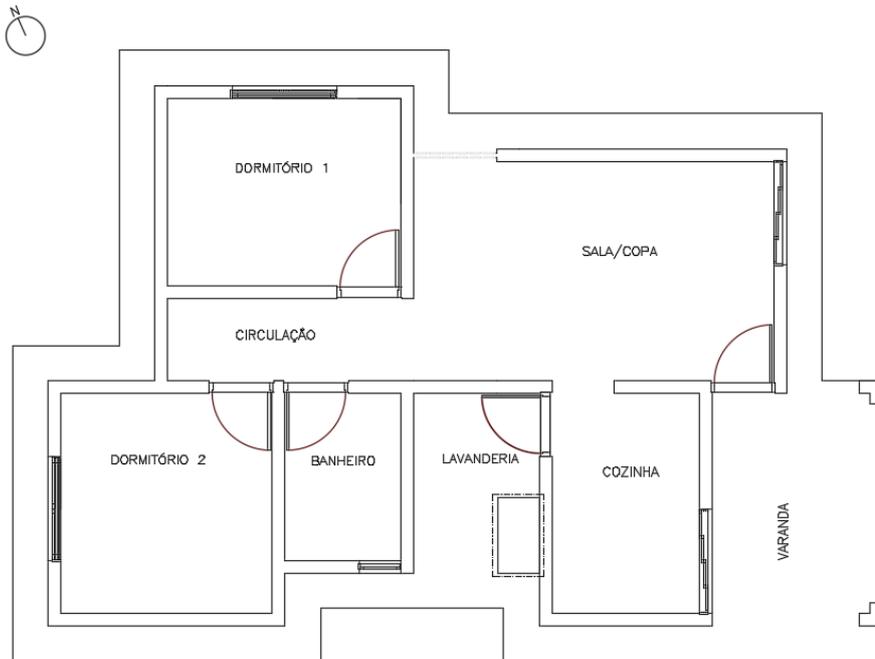


Fonte: Google Maps.

3.1.2 Objeto de estudo

A residência fica localizada na região fronteira da cidade, no reassentamento da comunidade Pequiá, localizada na Gleba H, Lote 34, à esquerda da BR-222, KM 08, Açailândia, Maranhão (Figura 3). Possui 67,92 m² divididos em dois dormitórios, sala, cozinha, um banheiro, lavanderia e varanda, conforme Figura 4.

Figura 4: Planta baixa da residência.



Fonte: Autores.

Para análise dos dados, os programas *Analisis* BIO e APOLUX IV necessitam de arquivos climáticos disponibilizados pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEE) da UFSC e ainda não se encontram disponíveis os de Açailândia em EPW. Portanto, para desenvolvimento da pesquisa, foram utilizados os dados da cidade de Imperatriz, Maranhão, uma vez que a cidade se encontra somente a 67 km de distância de Açailândia e ambas as cidades apresentam semelhantes características climáticas, conforme Quadro 1.

Quadro 1: Comparação das características climáticas entre Açailândia/MA e Imperatriz/MA.

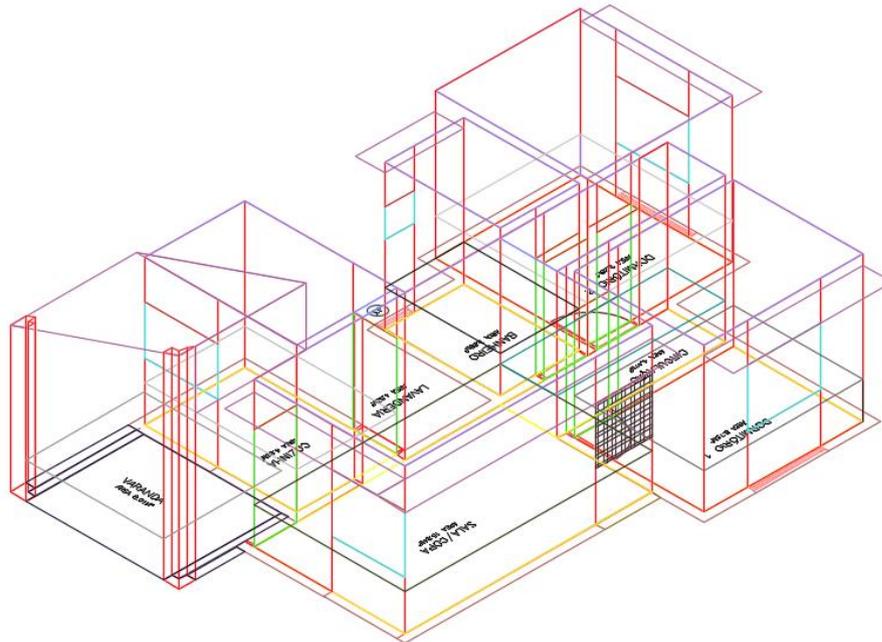
Item \ Localidade	Açailândia/MA	Imperatriz/MA
Clima	Tropical	Tropical
Mês com umidade mais baixa	Agosto (51,49%)	Agosto (47,30%)
Mês com umidade mais alta	Março (88,15%)	Março (85,19%)
Mês com temperatura mais alta	Setembro (28°C)	Setembro (29,3°C)
Mês com temperatura mais baixa	Fevereiro (24,3°C)	Fevereiro (25,4°C)

Fonte: Autores.

Com o auxílio do software *Analisis* BIO da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e com leitura da NBR 15220-3 de 2005 realizou-se levantamento dos requisitos necessários para conforto térmico na região maranhense. Para análise das características de transmitância e refletância dos componentes da residência,

realizou-se a modelagem tridimensional da residência por meio do programa AutoCAD da Autodesk. Também conhecida como modelagem epitelial, esta consiste em construir as faces internas dos espaços com a ferramenta 3DFace, separando os fechamentos transparentes dos opacos em camadas (*layers*), e elementos opacos de diferentes refletâncias também em camadas específicas, desconsiderando suas espessuras, conforme Figura 5.

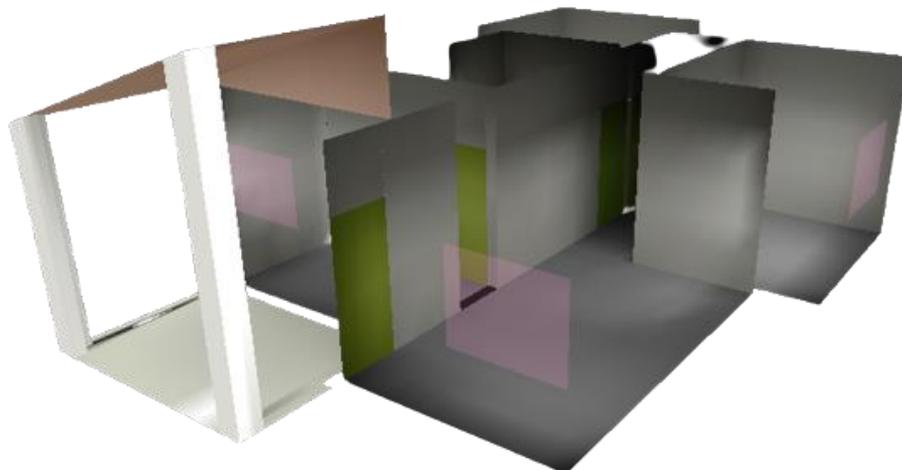
Figura 5: Modelagem em 3D da residência no programa AutoCAD.



Fonte: Autores.

A Figura 6 apresenta uma imagem renderizada da simulação da iluminação natural realizada no programa APOLUX IV, onde se levantou os dados de iluminância útil da luz natural (UDI). A insolação foi estudada através do programa *Analisis SOL-AR* da UFSC.

Figura 6: Modelo da residência exportado do programa APOLUX IV.



Fonte: Autores.

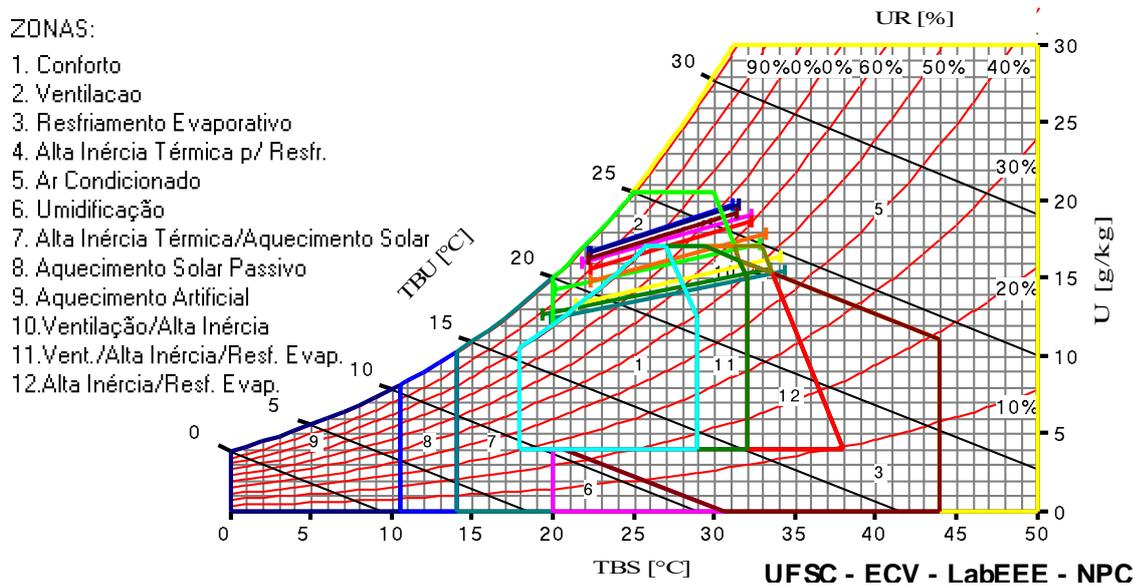
4. RESULTADOS

Segundo o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) por meio do programa Eficiência Energética para o Desenvolvimento Urbano Sustentável (2020), a cidade de Açailândia é classificada como pertencente a zona bioclimática 7, zona que ocupa 12,6% do território brasileiro e sua topografia possui influência na variação de temperatura, uma vez que as mudanças na elevação e orientação dos terrenos podem atuar como barreira para a circulação de ventilação.

4.1. Análise das estratégias bioclimáticas visando o conforto térmico e a eficiência energética

Conforme a norma NBR 15220-3/2005, as zonas bioclimáticas 7 necessitam de pequenas aberturas para ventilação, sombreamento em todas as aberturas, pesada vedação nas paredes externas, pesada vedação nas coberturas, resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento, ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa) e zona de massa térmica de refrigeração (ar-condicionado). Os dados exigidos pela norma corroboram os resultados encontrados no programa *Analisis BIO*, conforme apresentado na Figura 7 e Tabela 1.

Figura 7: Gráfico de Givoni para zona bioclimática da residência.



Fonte: *Analisis BIO*, UFSC (2024).

Ao analisar a planta baixa da residência, figura 5, e comparar com o levantamento realizado através da visita *in loco*, é possível enumerar as seguintes características da residência:

- A cobertura existente na casa é acompanhada de uma laje inclinada, porém não apresenta reforço nas paredes de alvenaria;
- A residência não possui ar-condicionado e nem prevê tomada alta nos dormitórios para futura instalação de centrais de ar;

- Os dormitórios não possuem aberturas que venham a garantir a ventilação cruzada no ambiente;
- O corredor de acesso aos quartos é termicamente isolado;
- As janelas e o elemento vazado (cobogó) instalados na sala permitem a ventilação cruzada nos ambientes de permanência duradoura (sala e cozinha).
- A varanda da residência fica exposta à incidência solar direta durante todo o ano.

Tabela 1: Resumo do gráfico de Givoni.

CONFORTO			18,94%
DESCONFORTO	Ventilação	56,19%	81,06%
	Resfriamento Evaporativo	0,02%	
	Alta Inercia térmica p/ resfriamento	1,43%	
	Ar-condicionado	9,16%	
	Ventilação/Alta Inércia	3,52%	
	Aquecimento Solar Passivo/Alta Inércia Térmica	0,42%	
	Ventilação/Alta Inércia/Resfriamento Evaporativo	6,41%	
	Alta Inércia/Resfr. Evaporativo	3,92%	
SOMBREAMENTO			99%

Fonte: Adaptado de *Analisis BIO*, UFSC (2024).

Comparando os requisitos estabelecidos pela norma NBR 15220-3 de 2005 com as estruturas da residência, percebe-se que ela não se encontra em conforto térmico, uma vez que os requisitos não foram atingidos ou somente parcialmente cumpridos, conforme Quadro 2.

Quadro 2: Comparação das características climáticas entre Açailândia/MA e Imperatriz/MA.

Estratégia	Status
Ventilação	Atende parcialmente
Resfriamento evaporativo	N/A
Alta Inercia térmica p/ resfriamento	N/A
Ar-condicionado	N/A
Ventilação/Alta Inércia	Atende parcialmente
Aquecimento Solar Passivo/Alta Inércia Térmica	Atende parcialmente
Ventilação/Alta Inércia/Resfriamento Evaporativo	N/A
Alta Inércia/Resfr. Evaporativo	N/A

Fonte: Autores.

A época mais quente na região é o período “não-chuvoso” no Nordeste, ou seja, o período de inverno, compreendido entre os meses de junho e setembro. Neste período o maior desconforto gerado é durante a tarde, devido a incidência solar nas fachadas sudeste, oeste e noroeste.

Por isso, conforme outros estudos realizados visando o conforto térmico em diferentes pontos da região do Nordeste brasileiro (CORREIA, 2012; TEIXEIRA; DE BEM; FERNANDES, 2021) sugere-se sombreamento na fachada oeste, na janela do dormitório 2, com adição de brises tipo painel de avião com haste de acionamento para alteração da angulação necessária conforme o período do ano. O diagrama de Givonni recomenda sombreamento durante todo o ano, por esse motivo para a janela do dormitório 1, na fachada norte, propõe-se que se coloque um brise horizontal. Recomenda-se também, pequenas aberturas nas paredes dos dormitórios, próximo ao beiral, para ventilação cruzada, assim como a instalação de um cobogó na parede do corredor visando a melhoraria na ventilação da sala e cozinha, sem que a iluminação ultrapasse os níveis de lux recomendados. Para melhorar o sombreamento de um modo geral, sugere-se a criação de um projeto de paisagismo próximo às áreas de maior incidência solar nas fachadas da residência para garantia do conforto térmico e visual na residência, assim como o aumento dos beirais.

4.2. Análise da utilização de iluminação natural

Os intervalos definidos por Mardaljevi et al. (2012) foram considerados para este estudo. Para melhor visualizar a disponibilidade e a distribuição de iluminação do ambiente ao longo do ano, utilizou-se da iluminância útil de luz natural no *software* APOLUX IV. A superfície de análise estabelecida para verificação foi posicionada a 75 cm do piso acabado. Os dados inseridos no programa são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3: Dados inseridos no programa APOLUX IV.

Material \ Dados	Propriedade ótica	Refletância média (%)	Absorção média (%)	Transmitância média (%)
Piso cerâmico	Opaco difuso	50	50	0
Piso de concreto polido	Opaco difuso	40	60	0
Paredes	Opaco difuso	80	20	0
Telhado	Opaco difuso	40	60	0
Forro	Opaco difuso	80	20	0
Portas	Opaco difuso	40	60	0
Janelas	Transmissor especular	0	20	80
Cobogó	Opaco difuso	20	80	0

Fonte: Autores.

A partir da carta solar, resumida no Quadro 4, nota-se que a sala, a varanda e a cozinha são os ambientes da casa que recebem incidência solar durante todo o dia ao longo de todos os meses do ano. O dormitório 01 recebe o sol da manhã e o dormitório 02 recebe todo o sol da tarde. Os resultados da simulação de iluminação útil da luz natural através do *software* APOLUX é apresentada nas Figuras 8 e 9.

Observando a simulação, nota-se que ambos os dormitórios estão bem iluminados, fato que se deve à posição de ambos os dormitórios em relação ao norte, uma vez que recebem incidência solar direta por metade de um período do dia, matutino ou vespertino. A sala também apresenta iluminação dentro do desejável pois além de sua posição em relação ao norte, possui duas aberturas e recebe iluminação parcial da abertura da cozinha. A cozinha, ambiente com a disponibilidade de luz natural ao

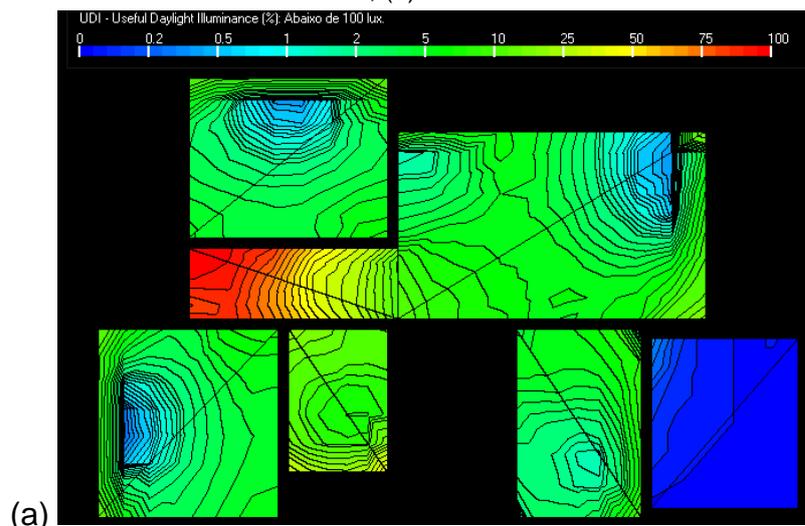
longo do ano, uma vez que está posicionada no sentido sul da residência, recebe incidência solar durante o período chuvoso e sua abertura recebe sombreamento da cobertura inserida na varanda.

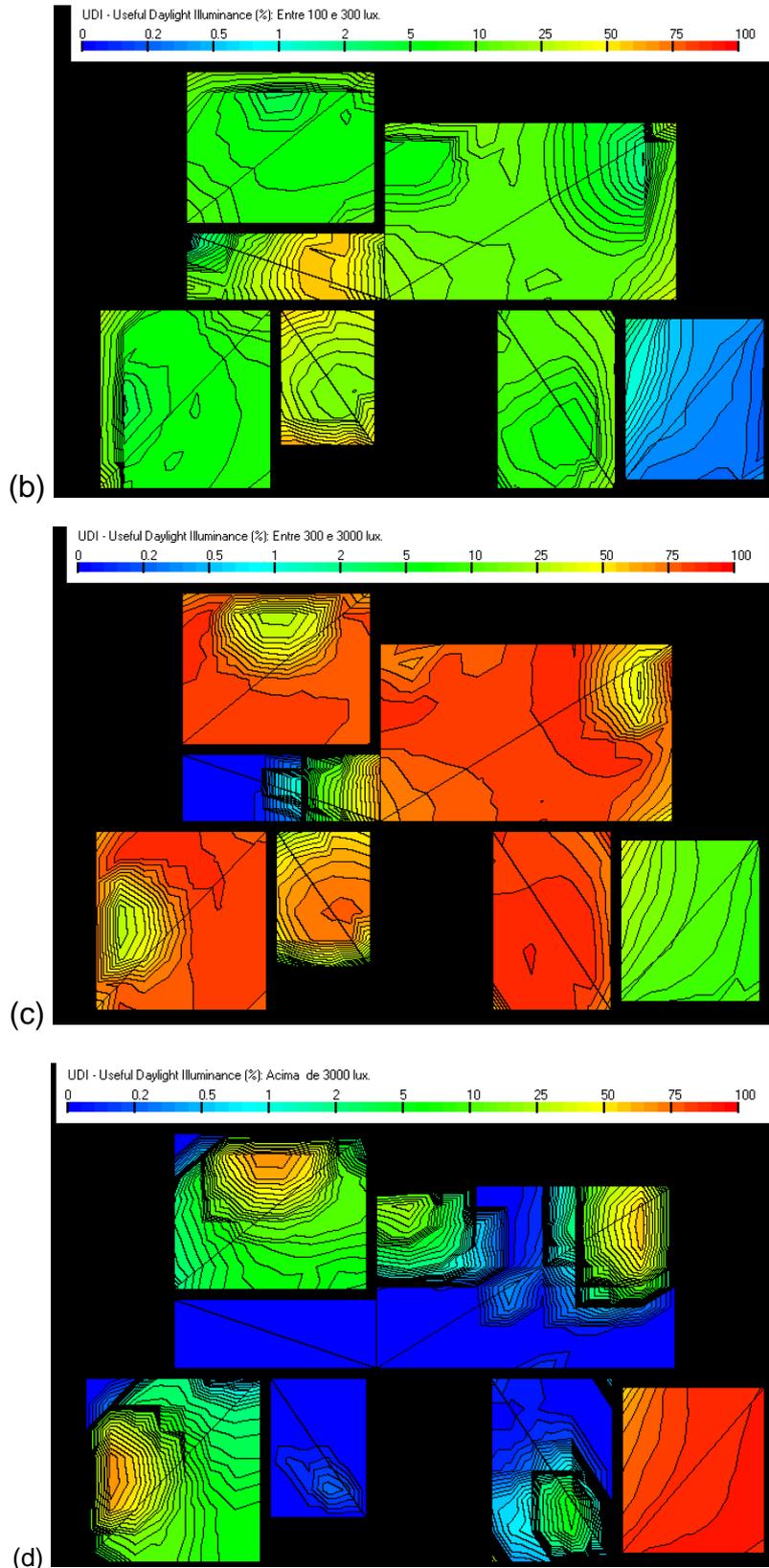
Quadro 4: Dados inseridos no programa APOLUX IV.

Meses\ Fachada	Norte	Nordeste	Leste	Sudeste	Sul	Sudoeste	Oeste	Noroeste
Dezembro	Sem sol	06:00 10:00	06:00 12:00	06:00 13:00	06:00 18:00	11:00 18:00	12:00 18:00	14:00 18:00
Novembro/ Janeiro	Sem sol	06:00 10:30	06:00 12:00	06:00 12:45	06:00 18:00	11:45 18:00	12:00 18:00	13:30 18:00
Outubro/ Fevereiro	Sem sol	06:00 11:30	06:00 12:00	06:00 12:30	06:00 18:00	12:00 18:00	12:00 18:00	12:30 18:00
Setembro/ Março	06:00 18:00	06:00 12:00	06:00 12:00	06:00 11:30	Sem sol	12:30 18:00	12:00 18:00	12:00 18:00
Agosto/ Abril	06:00 18:00	06:00 12:45	06:00 12:00	06:00 10:30	Sem sol	13:30 18:00	12:00 18:00	11:00 18:00
Julho/ Maio	06:00 18:00	06:00 13:30	06:00 12:00	06:00 10:00	Sem sol	14:00 18:00	12:00 18:00	10:30 18:00
Junho	06:00 18:00	06:00 13:45	06:00 12:00	06:00 09:30	Sem sol	14:30 18:00	12:00 18:00	10:00 18:00

Fonte: Autores.

Figura 8: Gráficos em cores falsas. (a) UDI abaixo de 100 lux; (b) UDI entre 100 e 300 luxes; (c) UDI entre 300 e 3000 luxes; (d) UDI acima de 3000 luxes.



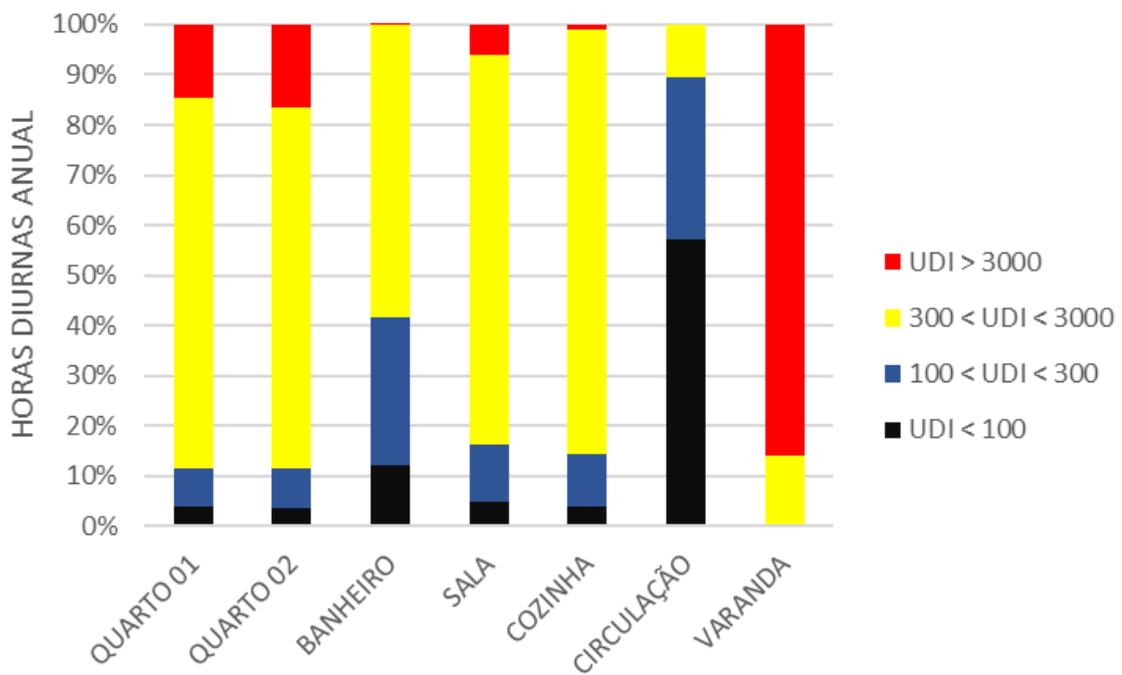


Fonte: Autores.

Entretanto, o corredor da residência apresenta iluminação abaixo da aceitável, uma vez que cerca de 55% de horas diurna-anual, a iluminância atinge valores abaixo de 100 lux, essa característica é consequência de o ambiente não possuir nenhuma abertura que possa garantir iluminação e/ou ventilação cruzada, recomenda-se a

adoção de uma abertura (corredor de ar, cobogó, ventarola etc.) no final do corredor para solucionar tal problema. A varanda, em contrapartida, apresenta UDI acima de 3000 lux em 85,84% das horas diurnas anuais, necessitando de medidas que atuem na geração de sombreamento e conforto térmico, tais como a adoção de um projeto paisagístico visando sombreamento das fachadas com maiores períodos de incidência solar. O banheiro apresenta UDI abaixo do aceitável em até 40% das horas diurnas-annual, portanto recomenda-se a adição de uma claraboia para garantir iluminação natural no ambiente, desde que não influencie negativamente na iluminação e/ou superaqueça o ambiente em questão.

Figura 9: Gráfico de UDI na residência.



Fonte: Autores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho avaliou a adequação de um projeto residencial unifamiliar em Açailândia - MA com as estratégias estabelecidas por norma para conforto térmico e da utilização de iluminação natural. A fim de atingir os objetivos estabelecidos foi realizado um estudo de caso através de visita *in loco*, comparações com normas de conforto térmico e simulação de utilização de iluminação natural. Ao analisar as características executadas na residência, conclui-se que ela não apresenta as estratégias de conforto térmico recomendadas pela norma e a simulação da residência apresentou valores de iluminância útil natural acima do mínimo recomendado por norma, estando no desejável na maior parte do ano. Assim sendo, recomenda-se a adoção de soluções para reduzir o excesso de radiação solar direta, tais como a inclusão de aberturas para circulação cruzada nos dormitórios, desde que não influencie negativamente na iluminação e/ou superaqueça o ambiente em questão, inclusão de paisagismo no terreno, uma vez que a

arborização do ambiente pode criar sombreamento para a residência e aumento dos beirais da casa, também objetivando melhoria no sombreamento.

Assim, compreende-se como necessidade o incentivo às práticas de uso eficiente de energia nas edificações, visando sempre o conforto do usuário. A partir dos resultados obtidos por meio da intervenção e simulação realizada neste trabalho, conforme discutido por Chepp e Gasparin (2019), pode-se propor práticas e táticas construtivas que garantam a melhor utilização de iluminação natural disponível e que garantam o conforto térmico nas residências de Açailândia – MA.

No entanto, o estudo apresentado possui algumas limitações: os dados utilizados na simulação foram da cidade de Imperatriz - MA, mesmo que possuindo características climáticas semelhantes, algumas pequenas variações podem ser encontradas em relação a temperatura e latitude de Açailândia e este estudo é caracterizado apenas como um estudo teórico. Para estudos futuros, recomenda-se a simulação com a utilização dos dados específicos para Açailândia ou projeto executado na cidade de Imperatriz e um estudo empírico objetivando avaliar os resultados apresentados.

REFERÊNCIAS

BALAGURU, P.; KURTZ, S. Comparison of inorganic and organic matrices for strengthening of RC beams with carbon sheets. **Journal of Structural Engineering**, V. 127, pp. 35-42. 2001.

ABRAHÃO, K. C. F. J.; SOUZA, R. G. V. Estimativa da evolução do uso final de energia elétrica no setor residencial do Brasil por região geográfica. **Ambiente Construído**, v. 21, p. 383-408, 2021.

ALMARIO, D. R.; REIS, F. J. C.; LEITE, R. C. V. Análise do desempenho termoenergético de residência unifamiliar: estudo de caso sob a ótica do conforto adaptativo. In: **ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v. 17, p. 1-9, 2023.

ARAUJO, G. M.; VILLA, S. B. A relação entre bem-estar e resiliência na habitação social: um estudo sobre os impactos existentes. **Ambiente Construído**, v. 20, p. 141-163, 2020.

Área territorial: Área territorial brasileira 2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
População estimada: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 01 de julho de 2021.

ASHRAE. Handbook Fundamentals. Chapter 08 SI - **Thermal Comfort**. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 15220-3/2005 - **Desempenho Térmico de Edificações (Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social)**. Rio de Janeiro.

_____. NBR ISO/CIE 8995-1/2013 - **Iluminação de ambientes de trabalho (Parte 1: Interior)**. Rio de Janeiro.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Habitação. **Apostilas dos diálogos sobre eficiência energética (DEE) por zonas bioclimáticas**. Brasília, 2020.

CARPANEDO, F. A. et al. Análise da iluminação natural em ambiente interno de edificações de escritório de diferentes tipologias na cidade de Vitória-ES. In: **XV ENCAC**, n. 1, p. 2609-2618, 2019.

CHEPP, E. D.; GASPARIN, F. P. Análise de medidas de eficiência térmica no consumo energético e conforto térmico de uma edificação. **Revista Eletrônica Científica Da UERGS**, v. 5, n. 3, p. 236-249, 2019.

CORREIA, W. F. B. et al. Arquitetura e clima no contexto do Semiárido: estratégias bioclimáticas para cidade de Mata Grande-AL. 2012.

FILHO, E. F. C. et al. Avaliação do conforto ambiental em uma escola municipal de João Pessoa. In: **Encontro De Extensão Universitária. Desafios Da Indissociabilidade Entre Ensino E Extensão**, v. 9, 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário estatístico de energia elétrica 2022**. 2022. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/analise-estatistica-de-energia-eletrica>.> Acesso em: 15 de janeiro de 2023.

MARDALJEVIC, J. et al. Daylighting metrics: is there a relation between useful daylight illuminance and daylight glare probability?. In: **Proceedings of the building simulation and optimization conference**. BSO12. 2012.

MUZI, I. O. N. et al. Contribuição das fachadas cinéticas com tecnologia responsiva para a luz natural em quartos de internação. In: **ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v. 16, p. 1566-1575, 2021.

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.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso – ano base 2005: Classe Residencial Região Nordeste**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2007.

REIS, M. A. F. et al. Análise de conforto térmico em residências unifamiliares com paredes em alvenaria. **Revista Latinoamericana Ambiente e Saúde**, v. 5, n. 3 (especial), p. 212-219, 2023.

RIBEIRO, K. F. A. et al. Análise dos índices de conforto térmico PMV e PET em diferentes tipos de coberturas em ambiente aberto na cidade de Cuiabá-MT. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020.

SÁTYRO, N. G. D.; D'ALBUQUERQUE, R. W. O que é um Estudo de Caso e quais as suas potencialidades. **Sociedade e Cultura**, v. 23, 2020.

TEIXEIRA, F. G.; AYMONE, J. L. F. AutoCad 3D: modelamento e rendering: visualização 3D, modelamento por superfícies e sólidos, produção de imagens fotorrealísticas. 2019.

TEIXEIRA, P. S.; DE BEM, G. M.; FERNANDES, L. C. Projeto de uma habitação para o clima tropical (Aw) a partir de diretrizes obtidas dos diagramas antropoclimáticos. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 10, n. 2, p. 17-47, 2021.

World GBC. (2020). Health & wellbeing framework: Six principles for a healthy, sustainable built environment. Executive Report.