

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO  
DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO

VANESSA STEPHANIE COSTA FÉLIX VIEIRA

**A PORTA DE ENTRADA PARA A ILUMINAÇÃO NATURAL: UMA ANÁLISE DO  
DESEMPENHO LUMINOSO DA PORTA NA ARQUITETURA RESIDENCIAL DOS  
TRÓPICOS**

Maceió

2023

VANESSA STEPHANIE COSTA FÉLIX VIEIRA

**A PORTA DE ENTRADA PARA A ILUMINAÇÃO NATURAL: UMA ANÁLISE DO  
DESEMPENHO LUMINOSO DA PORTA NA ARQUITETURA RESIDENCIAL DOS  
TRÓPICOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, como requisito final à obtenção do grau de mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Carvalho Cabús.

Maceió

2023

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
Bibliotecária: Girlaine da Silva Santos – CRB-4 – 1127

- V665    Vieira, Vanessa Stephanie Costa Félix.  
          A porta de entrada para a iluminação natural: uma análise do desempenho luminoso da porta na arquitetura residencial dos trópicos / Vanessa Stephanie Costa Félix Vieira. – 2023.  
          116 f. : il. color.
- Orientador: Ricardo Carvalho Cabús.  
          Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2023.
- Bibliografia: f. 100-108.  
          Apêndices: f. 109-116.
1. Iluminação natural. 2. Arquitetura residencial - Maceió (AL) 3. Desempenho luminoso na arquitetura. 4. Porta de entrada. I. Título.

CDU: 72 : 628.92 (813.5)

## Folha de Aprovação

VANESSA STEPHANIE COSTA FÉLIX VIEIRA

### A PORTA DE ENTRADA PARA A ILUMINAÇÃO NATURAL: UMA ANÁLISE DO DESEMPENHO LUMINOSO DA PORTA NA ARQUITETURA RESIDENCIAL DOS TRÓPICOS

Trabalho de Conclusão de Dissertação  
submetido à banca examinadora do  
Programa de Pós-Graduação de  
Arquitetura e Urbanismo da Faculdade  
de Arquitetura e Urbanismo da  
Universidade Federal de Alagoas e  
aprovada em 27 de setembro de 2023.

Documento assinado digitalmente  
 RICARDO CARVALHO CABUS  
Data: 18/11/2023 01:11:10-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

(Orientador(a) – Prof. Dr., Ricardo Carvalho Cabús, UFAL)

#### Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 ALDOMAR PEDRINI  
Data: 24/11/2023 13:57:05-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

(Examinador(a) Externo(a) – Prof. Dr., Aldomar Pedrini, UFRN)

Documento assinado digitalmente  
 FERNANDO ANTONIO DE MELO SA CAVALCANTI  
Data: 24/11/2023 09:40:32-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

(Examinador(a) Interno(a) – Prof. Dr., Fernando Antônio de Melo Sá Cavalcanti, UFAL)

Documento assinado digitalmente  
 RICARDO VICTOR RODRIGUES BARBOSA  
Data: 24/11/2023 14:26:35-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

(Examinador(a) Interno(a) – Prof. Dr., Ricardo Victor Rodrigues Barbosa, UFAL)

À minha família, que me acompanha  
todos os dias, e cujo amor incondicional  
foi fundamental para concluir essa jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Ricardo Cabús, expresse minha gratidão pelos valiosos ensinamentos e pela orientação competente e segura prestada a este trabalho. Seu incentivo, paciência e compreensão nos momentos mais delicados foram fundamentais durante todo o processo.

Aos membros da banca examinadora pelas contribuições ao aprimoramento do meu trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) pelo conhecimento proporcionado, e à UFAL pela oportunidade.

Ao Grupo de Pesquisa em Iluminação (GRILU) da UFAL, por todas as contribuições e pelo apoio, especialmente à Luíza Meneses e à Natasha Sandes.

Aos colegas de mestrado pelo apoio e por tornar o processo mais prazeroso e descontraído.

E à minha família, pelo apoio constante e incentivo ao longo desse percurso. Valorizo imensamente a paciência e compreensão diante da minha ausência em momentos importantes.

“Aquilo que traz e conduz o mundo ao mundo, o que liga deixando-se passar por sua abertura, um recorte que liga um mundo ao outro, une deixando passar, abrindo, abrindo-se para aquilo que está fechado, atravessando. Esse movimento parece ser sempre um movimento de dois sentidos, que implica uma questão de luminosidade, iluminação; de um interior para o exterior, do escuro para luz, ou da luz para o escuro.” (FUÃO, 2016).

## RESUMO

Por longos períodos na história, algumas civilizações utilizaram a porta como única abertura em suas construções. Além de funcionar necessariamente como um vão de passagem, era através dela que muitos dos ambientes internos das edificações eram iluminados. No decorrer da evolução da história da arquitetura, essa função de iluminar os espaços foi assumida pelos pátios e átrios e, posteriormente, pela janela, que na atualidade desponta como principal dispositivo arquitetônico utilizado nos estudos que avaliam o desempenho da luz natural no interior de ambientes. Embora o enfoque esteja nas janelas, os princípios utilizados nesses estudos podem ser aplicados à porta de entrada, que também pode funcionar como uma fonte de luz natural de espaços internos. Nesse sentido, o objetivo geral dessa dissertação é avaliar o uso da porta de entrada no aproveitamento da luz natural em ambiente residencial na cidade de Maceió/AL. Como objetivos específicos o trabalho propõe avaliar se o uso da porta de entrada para a provisão de luz natural no interior do ambiente atende às condições de conforto luminoso estabelecidas nas normas vigentes, e analisar a influência das diferentes configurações de abertura desse elemento na disponibilidade e distribuição da luz natural no interior do ambiente. O estudo foi desenvolvido para um ambiente hipotético, utilizando-se o método da simulação computacional. Para os processamentos, foi utilizado o *software* TropLux, para uma análise comparativa da influência de um conjunto de variáveis na disponibilidade da luz natural no interior do ambiente proposto. Os resultados demonstram que, para a maioria dos cenários, a porta de entrada atende aos requisitos estabelecidos pela NBR 15575-1 e pelo RTQ-R. Elementos externos, como beirais e edificações obstruidoras, podem atenuar os níveis de iluminância, contribuindo para uma melhor distribuição da luz natural no ambiente interno e evitando situações de potencial desconforto luminoso. Portas mais largas, apesar de conseguirem manter o iluminamento mínimo de 120 lx em mais de 70% da área em mais de 70% das horas diurnas, podem comprometer as condições de conforto visual decorrentes da incidência excessiva dos raios solares, contribuindo para a ocorrência de contrastes indesejados e ofuscamento. Portas centralizadas proporcionam ambientes mais iluminados e com uma melhor distribuição da luz natural. Ângulos de abertura inferiores a 45° podem afetar significativamente as iluminâncias médias globais, impactando negativamente na autonomia de luz natural do espaço. Portas holandesas, por sua vez, apresentam um comportamento peculiar quanto ao desempenho luminoso, em decorrência de uma de suas aberturas estar situada abaixo do plano de referência de medição das iluminâncias. A forma, a disposição e o padrão de distribuição das superfícies envidraçadas também exercem influência relevante no desempenho luminoso, revelando a importância dessa peça multifuncional na concepção dos espaços.

**Palavras-chave:** iluminação natural; porta; porta de entrada; desempenho luminoso na arquitetura; simulação computacional.

## ABSTRACT

For long periods in history, some civilisations used the door as the only opening in their buildings. As well as necessarily functioning as a passageway, it was through the door that many of the buildings' internal environments were lit. As the history of architecture evolved, this function of illuminating spaces was taken over by courtyards and atriums and, later, by the window, which is now the main architectural device used in studies that assess the performance of natural light inside environments. Although the focus is on windows, the principles used in these studies can be applied to the entrance door, which can also function as a source of natural light for internal spaces. With this in mind, the general aim of this dissertation is to evaluate the use of the entrance door in utilising natural light in a residential environment in the city of Maceió/AL. As specific objectives, the work aims to assess whether the use of the entrance door to provide natural light inside the room meets the lighting comfort conditions established in current standards, and to analyse the influence of the different opening configurations of this element on the availability and distribution of natural light inside the room. The study was carried out for a hypothetical environment, using the computer simulation method. TropLux software was used for the processing, in order to comparatively analyse the influence of a set of variables on the availability of natural light inside the proposed environment. The results show that, for most scenarios, the entrance door meets the requirements established by NBR 15575-1 and the RTQ-R. External elements, such as eaves and obstructing buildings, can attenuate illuminance levels, contributing to a better distribution of natural light in the internal environment and avoiding situations of potential luminous discomfort. Wider doors, despite being able to maintain the minimum illuminance of 120 lx in more than 70 per cent of the area during more than 70 per cent of the daytime hours, can compromise visual comfort conditions due to the excessive incidence of the sun's rays, contributing to the occurrence of unwanted contrasts and glare. Centralised doors provide brighter environments with a better distribution of natural light. Opening angles of less than 45° can significantly affect the overall average illuminances, negatively impacting the autonomy of natural light in the space. Dutch doors, on the other hand, show a peculiar behaviour in terms of lighting performance, due to one of their openings being situated below the reference plane for measuring illuminances. The shape, layout and distribution pattern of the glazed surfaces also have a significant influence on luminous performance, revealing the importance of this multifunctional piece in the design of spaces.

**Keywords:** daylighting; door; luminous performance in architecture; computer simulation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- “Porta-sacada” em construções do século XIX, no Brasil .....	20
Figura 2	- Principais componentes da porta (a); componentes do marco da porta (b) .....	22
Figura 3	- Componentes da porta tradicional: soleira, ombreira, verga e folha .....	22
Figura 4	- Tipos de folhas de porta (da esquerda para a direita): a primeira apresenta travessas parafusadas no “tardoz” e travessas entaladas unindo os elementos verticais; a segunda indica folha engradada com almofadas; e a terceira refere-se à porta com travessas reforçadas com elementos inclinados, próprios das folhas largas e de grande vão .....	22
Figura 5	- Portas com bandeira .....	24
Figura 6	- Portas com seteira .....	24
Figura 7	- Portas com postigo .....	24
Figura 8	- Portas suspensas laterais: (a) Porta de giro simples; (b) Porta de giro dupla; (c) Porta vaivém; (d) Porta holandesa .....	26
Figura 9	- Portas holandesas em moradias da área rural de Taquarana, município do interior do estado de Alagoas .....	26
Figura 10	- Portas pivotantes .....	27
Figura 11	- Porta dobráveis (da esquerda para a direita): dois exemplos de portas sanfonadas e dois exemplos de portas camarão .....	28
Figura 12	- Portas deslizantes: (a) Porta de correr simples; (b) Porta de correr dupla; (c) Porta basculante; (d) Porta de rolo .....	29
Figura 13	- Da esquerda para a direita: dois exemplos de portas venezianas e dois exemplos de portas balcão .....	30
Figura 14	- A cidade de Maceió está situada na zona bioclimática 8, de acordo com o Zoneamento Bioclimático Brasileiro de 2005 .....	40
Figura 15	- A cidade de Maceió está situada na Zona 7: Muito quente e úmido, de acordo com a nova proposta de zoneamento climático brasileiro para edificações residenciais .....	41
Figura 16	- Modelagem do ambiente hipotético (modelo base) na interface do <i>software</i> TropLux .....	48
Figura 17	- Planta baixa e corte AA (sem escala) com dimensões em metros, do ambiente hipotético .....	48
Figura 18	- Modelagem do Modelo de Referência – MR na interface do <i>software</i> TropLux .....	49
Figura 19	- Vista da porta opaca (sem escala) com dimensões em metros, utilizada no MR .....	49
Figura 20	- Esquema, em planta baixa (sem escala), do entorno imediato do modelo base (em vermelho), circunscrito em um ângulo horizontal de 120° .....	52

Figura 21 - Corte (sem escala) do entorno imediato com representação do ângulo vertical ( $\theta$ ) de obstrução medido a partir do centro da porta .....	52
Figura 22 - Relação entre a largura da abertura e a largura da parede (%): (a) MR (20%); (b) D1 (40%); e (c) D2 (60%) .....	53
Figura 23 - Relação entre a área da abertura e a área da parede (%): (a) MR (14%); (b) D1 (28%); e (c) D2 (42%) .....	53

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	- Autonomia de Luz Natural Espacial para análise da influência da projeção do beiral .....	60
Gráfico 2	- Exposição Solar Anual para análise da influência da projeção do beiral .....	61
Gráfico 3	- Autonomia de Luz Natural Espacial para análise da influência do entorno imediato .....	62
Gráfico 4	- Exposição Solar Anual para análise da influência do entorno imediato .....	63
Gráfico 5	- Iluminância Média Anual para análise da influência da projeção do beiral .....	64
Gráfico 6	- Uniformidade Média Anual para análise da influência da projeção do beiral ....	64
Gráfico 7	- Autonomia de Luz Natural para análise da influência da projeção do beiral .....	65
Gráfico 8	- Iluminância Média Anual para análise da influência do entorno imediato .....	66
Gráfico 9	- Uniformidade Média Anual para análise da influência do entorno imediato .....	66
Gráfico 10	- Autonomia de Luz Natural para análise da influência do entorno imediato .....	67
Gráfico 11	- Autonomia de Luz Natural Espacial para análise da influência da largura da porta .....	69
Gráfico 12	- Exposição Solar Anual para análise da influência da largura da porta .....	70
Gráfico 13	- Iluminância Média Anual para análise da influência da largura da porta .....	71
Gráfico 14	- Uniformidade Média Anual para análise da influência da largura da porta .....	72
Gráfico 15	- Autonomia de Luz Natural para análise da influência da largura da porta .....	72
Gráfico 16	- Autonomia de Luz Natural Espacial para análise da influência da posição da porta .....	74
Gráfico 17	- Exposição Solar Anual para análise da influência da posição da porta .....	74
Gráfico 18	- Iluminância Média Anual para análise da influência da posição da porta .....	75
Gráfico 19	- Uniformidade Média Anual para análise da influência da posição da porta .....	76
Gráfico 20	- Autonomia de Luz Natural para análise da influência da posição da porta .....	76
Gráfico 21	- Autonomia de Luz Natural Espacial para análise da influência do ângulo de abertura .....	78
Gráfico 22	- Exposição Solar Anual para análise da influência do ângulo de abertura .....	78
Gráfico 23	- Iluminância Média Anual para análise da influência do ângulo de abertura .....	79
Gráfico 24	- Uniformidade Média Anual para análise da influência do ângulo de abertura ...	80
Gráfico 25	- Autonomia de Luz Natural para análise da influência do ângulo de abertura .....	80
Gráfico 26	- Autonomia de Luz Natural Espacial para análise da influência da porta holandesa .....	82

Gráfico 27	- Exposição Solar Anual para análise da influência da porta holandesa .....	83
Gráfico 28	- Iluminância Média Anual para análise da influência da porta holandesa .....	84
Gráfico 29	- Uniformidade Média Anual para análise da influência da porta holandesa .....	84
Gráfico 30	- Autonomia de Luz Natural para análise da influência da porta holandesa .....	85
Gráfico 31	- Autonomia de Luz Natural Espacial para análise da influência das áreas envidraçadas .....	87
Gráfico 32	- Exposição Solar Anual para análise da influência das áreas envidraçadas .....	88
Gráfico 33	- Iluminância Média Anual para análise da influência das áreas envidraçadas .....	89
Gráfico 34	- Uniformidade Média Anual para análise da influência das áreas envidraçadas ..	90
Gráfico 35	- Autonomia de Luz Natural para análise da influência das áreas envidraçadas ...	91

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Modelos de portas com diferentes configurações de elementos envidraçados .....	50
Quadro 2	- Projeções da cobertura .....	51
Quadro 3	- Ângulos de obstrução com base na altura do entorno imediato .....	52
Quadro 4	- Medidas da largura da porta de entrada centralizada no vão .....	53
Quadro 5	- Posições da porta de entrada no vão da parede .....	54
Quadro 6	- Ângulos de abertura da porta de entrada centralizada no vão da parede .....	54
Quadro 7	- Diferentes possibilidades de abertura da porta holandesa .....	55
Quadro 8	- Níveis de iluminância geral para iluminação natural .....	57
Quadro 9	- Parâmetros e critérios de análise utilizados nas avaliações dos resultados .....	58
Quadro 10	- Resumo dos resultados obtidos para o parâmetro: presença de elementos externos .....	68
Quadro 11	- Resumo dos resultados obtidos para o parâmetro: largura da porta .....	73
Quadro 12	- Resumo dos resultados obtidos para o parâmetro: posição da porta .....	77
Quadro 13	- Resumo dos resultados obtidos para o parâmetro: ângulo de abertura da porta .....	81
Quadro 14	- Resumo dos resultados obtidos para o parâmetro: porta holandesa .....	86
Quadro 15	- Resumo dos resultados obtidos para o parâmetro: áreas envidraçadas da porta ....	92

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ALN	Autonomia de Luz Natural
ALNe	Autonomia de Luz Natural Espacial
ASE	<i>Annual Sunlight Exposure</i>
CBDM	<i>Climate-Based Daylight Modelling</i>
CD	Componente Direta
CG	Componente Global
CR	Componente Refletida
DA	<i>Daylight Autonomy</i>
EMA	Iluminância Média Anual
ESA	Exposição Solar Anual
GRILU	Grupo de Pesquisa em Iluminação
IULN	Iluminância Útil da Luz Natural
sDA	<i>Spatial Daylight Autonomy</i>
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
UDI	<i>Useful Daylight Illuminance</i>
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UMA	Uniformidade Média Anual

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b> .....	16
<b>1.2</b>	<b>Estrutura da dissertação</b> .....	16
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
<b>2.1</b>	<b>A porta na arquitetura</b> .....	18
2.1.1	Contexto histórico .....	19
2.1.2	Partes, movimentos e materiais .....	21
2.1.3	A porta e a iluminação natural de espaços residenciais .....	32
<b>2.2</b>	<b>A iluminação natural na arquitetura residencial dos trópicos</b> .....	35
2.2.1	Desempenho luminoso em residências .....	37
2.2.2	Contexto climático de Maceió .....	40
<b>2.3</b>	<b>Avaliação do desempenho luminoso na arquitetura</b> .....	42
2.3.1	O <i>software</i> TropLux .....	42
2.3.2	Indicadores de desempenho luminoso .....	43
2.3.2.1	Iluminância Média Anual – EMA .....	44
2.3.2.2	Uniformidade Média Anual – UMA .....	44
2.3.2.3	Autonomia de Luz Natural – ALN .....	45
2.3.2.4	Autonomia de Luz Natural Espacial – ALNe .....	45
2.3.2.5	Exposição Solar Anual – ESA .....	45
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	47
<b>3.1</b>	<b>Definição e caracterização do modelo</b> .....	47
<b>3.2</b>	<b>Definição dos parâmetros de estudo</b> .....	50
3.2.1	Análise da influência da presença de elementos externos .....	51
3.2.2	Análise da influência da largura da porta de entrada .....	52
3.2.3	Análise da influência da posição da porta de entrada no ambiente .....	53
3.2.4	Análise da influência do ângulo de abertura da porta de entrada .....	54
3.2.5	Análise da influência das diferentes possibilidades de abertura da porta holandesa .....	54
3.2.6	Análise da influência das diferentes possibilidades de formato e	55

	distribuição das áreas envidraçadas da porta de entrada .....	
<b>3.3</b>	<b>Definição dos parâmetros de simulação computacional .....</b>	<b>55</b>
<b>3.4</b>	<b>Determinação dos critérios de análise dos resultados .....</b>	<b>56</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISES .....</b>	<b>59</b>
<b>4.1</b>	<b>Análise da influência da presença de elementos externos .....</b>	<b>59</b>
4.1.1	No atendimento às normas vigentes .....	60
4.1.2	Na disponibilidade e distribuição na luz natural .....	63
<b>4.2</b>	<b>Análise da influência da largura da porta de entrada .....</b>	<b>68</b>
4.2.1	No atendimento às normas vigentes .....	68
4.2.2	Na disponibilidade e distribuição na luz natural .....	70
<b>4.3</b>	<b>Análise da influência da posição da porta de entrada no ambiente .....</b>	<b>73</b>
4.3.1	No atendimento às normas vigentes .....	73
4.3.2	Na disponibilidade e distribuição na luz natural .....	74
<b>4.4</b>	<b>Análise da influência do ângulo de abertura da porta de entrada .....</b>	<b>77</b>
4.4.1	No atendimento às normas vigentes .....	77
4.4.2	Na disponibilidade e distribuição na luz natural .....	79
<b>4.5</b>	<b>Análise da influência das diferentes possibilidades de abertura da porta holandesa .....</b>	<b>81</b>
4.5.1	No atendimento às normas vigentes .....	81
4.5.2	Na disponibilidade e distribuição na luz natural .....	83
<b>4.6</b>	<b>Análise da influência das diferentes possibilidades de formato e distribuição das áreas envidraçadas da porta de entrada .....</b>	<b>86</b>
4.6.1	No atendimento às normas vigentes .....	86
4.6.2	Na disponibilidade e distribuição na luz natural .....	89
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>93</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>100</b>
	<b>APÊNDICE A – RESULTADOS OBTIDOS NAS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS .....</b>	<b>109</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Quando nos reportamos à palavra “porta”, frequentemente nos referimos ao artefato arquitetônico que marca a entrada ou a saída de um ambiente ou de uma edificação, funcionando como elemento de transição entre os espaços, essencial no desenvolvimento de projetos de arquitetura. Mas para além dessa função tradicional e óbvia, segundo Gurgel (2020), a porta pode desempenhar um papel decorativo, garantir segurança, permitir privacidade, incrementar a ventilação ou até mesmo possibilitar uma maior disponibilidade de luz natural no interior de ambientes.

Para Cavalcante (2003), que a considera como um dos elementos mais antigos e essenciais da estrutura espacial, a porta deu origem à ideia de abertura e fechamento, assumindo funções de barreira mecânica, térmica, visual e acústica, além de “funções topológicas de junção ou disjunção entre os espaços que se quer diferenciar ou fundir”, conforme a necessidade humana recorrente no tempo e no espaço. Ela, na sua imaterialidade, é um conceito que pode ser aplicado em diversas situações da vida cotidiana para expressar o que não pode ser formulado nem compreendido de outra maneira, mas através de metáforas: a porta pode estar ligada a questões de abertura/fechamento, de equilíbrio, de organização, de hierarquia, de escolha consciente ou não, de possibilidade de acesso ou proibição.

Considerando a grande variedade de modelos de portas disponíveis no mercado atualmente, o ideal é que ela seja pensada e considerada como parte integrante do conceito planejado e não apenas como um dispositivo que cumpre o objetivo de dividir cômodos. A partir da definição das funções que a porta desempenhará no projeto arquitetônico, é necessário ter ciência do modelo a ser utilizado, do tipo de abertura pretendida, do material no qual ela será confeccionada, entre outros aspectos não técnicos que vão delimitar a sua performance, como qualidade, durabilidade e conforto.

Em espaços internos, a porta pode separar ambientes, garantir maior privacidade e até fazer parte da decoração. Quando presente em espaços com acesso ao exterior, além de delinear a ideia de barreira entre o ambiente interno e o externo (entre outras funções), dependendo do modelo e do material utilizados, a porta pode proporcionar uma maior disponibilidade de luz natural no interior da edificação.

Na década de 70, o arquiteto Armando de Holanda (1976) já sugeria, em seu Roteiro para construir no Nordeste, que as edificações projetadas para os trópicos ensolarados deveriam, entre outras recomendações, “abrir as portas”, para que fosse possível “apreender a

fluência entre a paisagem e a habitação, entre o exterior e o interior”, e desenhá-las vazadas, garantindo a privacidade necessária e a admissão de ar e luz.

Atualmente, diante de um cenário pós crise sanitária que se instalou no país e no mundo, em que a habitação passou a incorporar funções que antes não se pensavam realizar no ambiente doméstico, como o trabalho, o lazer e até mesmo a atividade física intramuros (Veloso, 2020), torna-se essencial a utilização de todos os artifícios possíveis para a garantia do conforto ambiental, que do ponto de vista da iluminação natural, pode ser alcançado através de iluminâncias adequadas, da sua forma particular de distribuição no espaço, e da relação de luminâncias e contrastes no ambiente (Gonçalves; Vianna; Moura, 2011).

Nesse contexto, a porta, como elemento arquitetônico, desponta como uma das variáveis de projeto a ser explorada sob a perspectiva do desempenho luminoso, pois, quando total ou parcialmente de vidro, e quando opaca, parcial ou totalmente aberta, permite que uma maior quantidade de luz adentre os ambientes, seja pela sua abertura ou através de suas áreas envidraçadas, a depender do seu dimensionamento, orientação e posicionamento dentro do espaço.

De acordo com Silva (2008), a distinção em relação à janela faz-se apenas em termos de função, apenas por ser necessariamente um vão de passagem. No entanto, a autora recorda que as janelas de sacada, popularizadas nos séculos XVII e XVIII, também permitiam passagem de um espaço interno para um balcão ou varanda, evidenciando a ideia de que a porta e a janela “partilham muitas características, tanto no que se refere a aspectos construtivos como formais”.

Do ponto de vista da iluminação natural, tanto a porta quanto a janela desempenham um papel importante na introdução da luz natural nos espaços internos, apesar da janela geralmente ser projetada com essa finalidade específica. Em termos de desempenho luminoso, a diferença está na presença do peitoril, superfície de fecho horizontal na parte inferior da janela. A inexistência desse elemento na estrutura da porta possibilita uma maior contribuição para a iluminação do ambiente devido ao aumento do vão de abertura, embora seja necessário definir a altura de medição das iluminâncias em função da atividade a ser desenvolvida.

Carvalho (1956, p. 299-300) pondera que,

“no caso de se tratar de uma porta, [...] o plano de trabalho poderá ser o próprio piso. Se se quiser saber o iluminamento produzido por uma porta num plano de trabalho superior ao chão, esta deverá ser encarada como uma janela cujo peitoril está situado na altura que se deseja o plano de trabalho.”

Considerando que, se se entende por abertura como sendo todo e qualquer vão da envoltória da edificação, aberto ou com fechamento translúcido ou transparente, que proporcione admissão de luz natural ao interior dos ambientes de forma direta ou indireta, a porta de entrada pode ser tratada como uma janela.

Sendo assim, para ambientes residenciais, as estratégias utilizadas para assegurar boas condições de iluminação natural devem considerar, entre outros aspectos, o *design* da porta de entrada. Nesse sentido, e tendo em vista que o desenvolvimento tecnológico dos últimos anos permitiu que essa peça multifuncional tão importante para o *design* dos projetos de arquitetura oferecesse maior versatilidade e personalidade para qualquer ambiente, tornam-se pertinentes estudos que possam avaliar o uso da porta de entrada no aproveitamento da luz natural em ambientes residenciais. O estudo proposto foi desenvolvido para a cidade de Maceió/AL, localizada no trópico úmido.

## 1.1 Objetivos

### GERAL

Avaliar o uso da porta de entrada no aproveitamento da luz natural em ambiente residencial na cidade de Maceió/AL.

### ESPECÍFICOS

1. verificar se o uso da porta de entrada para a provisão de luz natural no interior do ambiente atende às condições de conforto luminoso estabelecidas nas normas vigentes; e
2. analisar a influência das diferentes configurações de abertura da porta de entrada na disponibilidade e distribuição da luz natural no interior do ambiente.

## 1.2 Estrutura da dissertação

A estrutura da dissertação divide-se em cinco capítulos.

O **primeiro** capítulo é introdutório e compreende a problemática e justificativa da pesquisa, os objetivos geral e específicos, e a estrutura da dissertação.

O **segundo** capítulo trata do referencial teórico, apresentando um breve histórico da porta no contexto da arquitetura, definições e particularidades quanto à sua estrutura, tipos de abertura e materiais empregados na sua fabricação, além da sua relação com a iluminação natural de espaços residenciais; aborda também questões relativas à iluminação natural na arquitetura residencial dos trópicos, com ênfase no desempenho luminoso de residências, levando-se em conta o contexto climático da cidade de Maceió; e apresenta as ferramentas de avaliação do desempenho luminoso na arquitetura utilizadas no estudo.

O **terceiro** capítulo refere-se à metodologia, que compreende a caracterização do modelo a ser estudado, a definição dos parâmetros de estudo, a definição dos parâmetros de simulação computacional, e a determinação dos critérios de análise dos resultados.

O **quarto** capítulo apresenta os resultados e análises obtidos através das simulações computacionais de todos os cenários propostos para a pesquisa, divididos em análises baseadas nos parâmetros de estudo propostos.

E o **quinto** e último capítulo expõe as considerações finais do estudo com uma síntese dos resultados obtidos, além de apresentar as limitações da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo aborda os principais assuntos relativos ao tema da dissertação, sob o aspecto teórico e de outros estudos e pesquisas já realizados, com o propósito de possibilitar o entendimento do estado do problema e embasar o desenvolvimento da investigação proposta.

Dessa forma, apresenta-se um breve histórico sobre a **porta** no contexto da arquitetura, definições e particularidades quanto à sua estrutura, tipos de abertura e materiais empregados na sua fabricação, além da sua relação com a iluminação natural de espaços residenciais. Em seguida, são abordadas questões relativas à iluminação natural na arquitetura residencial dos trópicos, com ênfase no desempenho luminoso de residências, levando-se em conta o contexto climático da cidade de Maceió. E, finalmente, são apresentadas as ferramentas de avaliação do desempenho luminoso na arquitetura utilizadas no estudo para compreensão dos procedimentos metodológicos adotados.

### 2.1 A porta na arquitetura

Porta, do latim *janua (ianua)*, é a “abertura em parede, ao nível do solo ou de um pavimento, para dar entrada ou saída [...]; ponto por onde se entra ou sai de algum lugar; ponto por onde se passa para atingir outro mais distante [...]” (Ferreira, 2010).

De acordo com os termos adotados na classificação e na nomenclatura de portas destinadas a edificações, a Norma Brasileira NBR 15.930-1 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011, p. 1) conceitua porta como “componente construtivo cuja principal função é permitir ou impedir a passagem de pessoas, animais e objetos entre espaços ou ambientes”.

Corona e Lemos (1972, p. 382-386) a definem como o “nome da abertura feita nas paredes, muros, muralhas ou panos envidraçados, rasgada até o nível do pavimento, que serve para dar passagem ou acesso às pessoas e veículos”, ou como uma folha móvel ou peça de fechamento que emoldura aquela abertura. E declaram que se difere da janela por ser necessariamente um vão de acesso, apesar de também ser capaz de patrocinar iluminação e ventilação aos ambientes internos, facilitando a visibilidade para o exterior.

Ching (2012, p. 64) complementa essas definições, descrevendo-a como uma barreira que pode ser articulada, deslizante ou dobrável, confeccionada em madeira, metal ou vidro, utilizada para dar acesso ou bloquear a entrada de um edifício ou de um determinado ambiente.

Todas as definições expostas se remetem à porta como elemento de composição arquitetônica, designando a ideia de acesso ou passagem. No entanto, a porta, enquanto peça fundamental da arquitetura, pode assumir diversas funções e valores de uso e simbólicos que não estão diretamente ligados à sua funcionalidade prática, que se restringe apenas a definir o que está dentro e fora, o público e o privado (Vieira, 2011).

### 2.1.1 Contexto histórico

Historicamente, as evidências arqueológicas relativas à origem da porta são geralmente limitadas à indicação de uma abertura na parede, quando se há preservação acima das fundações, ou da colocação de ombreiras (ou da sua impressão deixada no solo), vergas (linteis) ou da ocasional soleira de pedra. No período Neolítico, as casas nem sempre tinham uma porta de entrada e o acesso à edificação era feito por escadas através de uma abertura no telhado, o que tornava os edifícios facilmente defensáveis e garantia mais estabilidade estrutural às construções. Quando a ausência de aberturas nas paredes não era possível, era aceitável a concepção de uma abertura rudimentar, construída pequena o suficiente apenas com espaço para rastejar. Mais tarde a porta veio a adquirir proporções mais humanas (Leick, 1988, p. 65).

Por longos períodos na história, algumas civilizações utilizaram a porta como única abertura em suas construções. Além de funcionar necessariamente como um vão de passagem, era através dela que muitos dos ambientes internos das edificações eram iluminados, função esta que no decorrer da evolução da história da arquitetura foi assumida pelos pátios e átrios e, posteriormente, pela janela, elemento arquitetônico que tem a sua origem associada a uma variação da porta: *januella* (janela), diminutivo de *janua*, que designava a porta (Caio, 2011; Jorge, 1995).

De acordo com Vieira (2011), as referências culturais e o modo de vida de uma sociedade ditam tendências, que são responsáveis por produzir uma estética arquitetônica ricamente variada.

“Alguns estilos são mais persistentes no tempo, outros mais passageiros, assim como a vida de uma edificação e de seus elementos pode ser breve ou atravessar séculos, dependendo dos materiais utilizados na construção, dos valores atribuídos a eles, dos usos que se façam deles, bem como de fatores ambientais, econômicos, de recursos tecnológicos, dentre outros.” (Vieira, 2011, p. 46)

Nesse sentido, compreende-se que a porta também segue tendências, influenciada pela herança cultural que está intimamente relacionada com o modo de vida das sociedades:

em diferentes períodos da história, a porta assumiu funções distintas, aparências variadas, teve diferentes modos de fabricação, foi confeccionada com os mais variados tipos de materiais e em diferentes dimensões, além de ter a sua localização na edificação modificada ao longo do tempo (Vieira, 2011).

No Brasil colonial, assim como em outras culturas ao longo dos séculos, a porta ganha destaque em algumas tipologias construtivas, a exemplo dos palácios, templos religiosos e casarões. A imponência desse artefato, seja pelas suas dimensões, pelo material com que era confeccionado ou qualquer outro detalhe ou aspecto que assim o tornasse monumental, exercia o papel de evidenciar valores como identificação de poder, reconhecimento hierárquico e busca pela manutenção de determinados valores dentro de um contexto econômico, político e sociocultural (Vieira, 2011).

Nesse mesmo período, as Cartas Régias e as posturas municipais padronizavam a construção das casas, uniformizando os partidos arquitetônicos: tanto o número de aberturas quanto as suas dimensões eram algumas das exigências correntes na época. O propósito dessas determinações era garantir uma aparência portuguesa às vilas e cidades brasileiras (Reis Filho, 2000, p. 24).

Durante o final do século XIX, a presença da “porta-sacada” (Figura 1) com um singelo balcão divergia dos tipos de portas mais comuns presentes nas construções da época: era composta por três partes principais: a bandeira em madeira almofadada ou em vidro, o postigo sobreposto em vidro, com chassi em madeira, e a base também em vidro ou madeira almofadada. O balcão e o guarda-corpo, que já eram comuns no período colonial, passaram a ser usados principalmente para auxiliar na iluminação e ventilação dos cômodos, além de valorizar os imóveis. Esses elementos eram encontrados tanto em edifícios públicos e religiosos quanto em residências (Lemos; Martins; Bois, 2006).

Figura 1 – “Porta-sacada” em construções do século XIX, no Brasil



Fonte: Moraes; Pereira (2017)

Atualmente, devido à diversidade arquitetônica resultante de uma maior liberdade na disposição de aberturas e padrão de fachadas, percebe-se que grande parte das moradias brasileiras possui dois tipos de porta de acesso: a porta dos fundos ou porta de serviço, comumente localizada na lateral ou nos fundos da casa, que permite o ingresso à área de serviço; e a porta principal, também chamada de porta social, geralmente localizada na fachada frontal e precedida por uma varanda, que permite o acesso à área social da casa. Normalmente, essa **porta de entrada** é a de maior destaque na edificação, tanto por sua localização privilegiada, quanto pelo seu *design* (Vieira, 2011, p. 45-46).

### 2.1.2 Partes, movimentos e materiais

A norma brasileira NBR 10821-1 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2017, p. 1) estabelece que as esquadrias são definidas segundo sua finalidade, utilização ou função, suas partes, seu movimento e seus componentes.

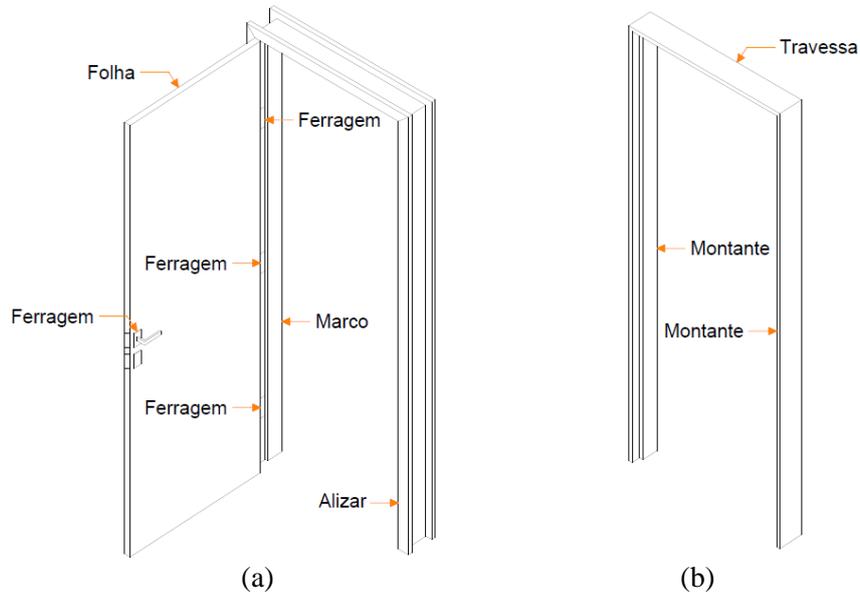
A porta é um tipo de esquadria que tem por finalidade permitir ou impedir o acesso de um ambiente para outro, entre outras funções, e seus principais componentes são o marco, a folha, o alizar e as ferragens (Figura 2) (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011, p. 1).

O marco, também conhecido como caixa, caixão, aduela, batente, forra, forração, forramento ou portal, é uma parte fixa da porta que se destina a guarnecer o vão e sustentar a(s) folha(s) da porta, constituída por montante e travessa (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011, p. 3). O montante, tradicionalmente denominado ombreira (Figura 3), é o nome dado aos elementos verticais que sustentam a travessa e se assentam nas soleiras. Ele possui um rebaixo denominado batente, onde “bate(m)” a(s) folha(s) da(s) porta(s). A travessa, ou verga (Figuras 2 e 3), é a peça que fecha superior e horizontalmente o vão da porta, apoiando-se sobre os montantes (Corona; Lemos, 1972).

A folha da porta é o termo usado para designar o painel ou a parte móvel principal de uma porta (Figura 4). Ela é responsável por fazer a vedação do vão de passagem. De acordo com Corona e Lemos (1972, p. 383-385):

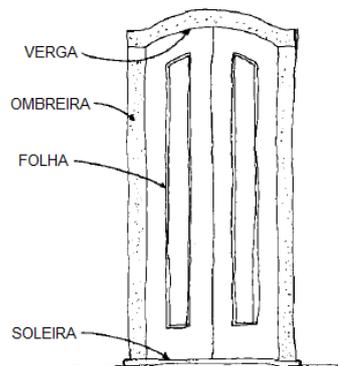
“Antigamente as folhas das portas eram compostas de vários elementos, e até hoje algumas ainda são. Os elementos ou peças verticais das extremidades chamavam-se COUCEIRAS. As tábuas horizontais, TRAVESSAS, que podiam ser parafusadas ou entaladas, atravessando, ou "costurando" as tábuas verticais, por sua vez unidas pelo sistema "macho e fêmea". A essas portas dava-se o nome de PORTAS DE CALHA. Outras vezes, elementos verticais e horizontais formam as PORTAS ENGRADADAS, onde os espaços retangulares resultantes são preenchidos por ALMOFADAS lisas ou decoradas.”

Figura 2 – Principais componentes da porta (a); componentes do marco da porta (b)



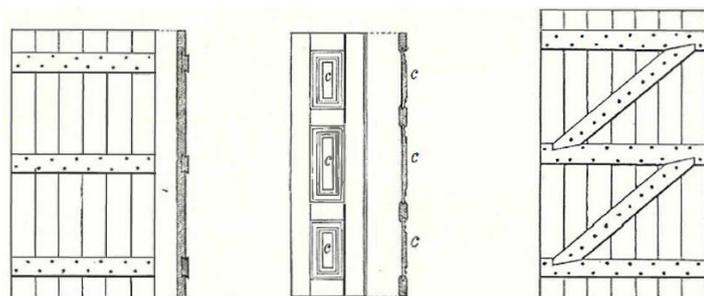
Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2011) – Adaptado pela autora

Figura 3 – Componentes da porta tradicional: soleira, ombreira, verga e folha



Fonte: Ávila; Gontijo; Machado (1979) – Adaptado pela autora

Figura 4 – Tipos de folhas de porta (da esquerda para a direita): a primeira apresenta travessas parafusadas no “tardo” e travessas entaladas unindo os elementos verticais; a segunda indica folha engradada com almofadas; e a terceira refere-se à porta com travessas reforçadas com elementos inclinados, próprios das folhas largas e de grande vão



Fonte: Corona; Lemos (1972)

O alizar, palavra que tem origem árabe e significa “aquilo que cobre o corpo”, é a peça encarregada de cobrir a junção da parede com o marco, emoldurando o vão. Também é chamada de guarnição, vista, moldura ou cobre-junta (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011, p. 6).

As ferragens da porta são dispositivos ou acessórios, de inúmeras formas e tamanhos, com a finalidade de abrir, fechar, trancar e segurar a porta. Entre elas estão as dobradiças, os trilhos, as maçanetas, os trincos e as fechaduras.

A soleira (Figura 3) é a própria superfície do piso acabado ou a peça de acabamento sob a porta, no alinhamento da parede (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011, p. 8). Ela não faz parte da porta propriamente dita, mas do vão livre da porta; é ela que delimita a abertura da porta, juntamente com as faces internas do marco. Segundo Corona e Lemos (1972, p. 430), “nas portas externas, a soleira concorda com o piso interno, formando degrau pela parte de fora.”

Outros elementos que são comuns a alguns modelos de porta e que podem ou não compor a sua estrutura são a bandeira, a seteira e o postigo.

A bandeira é o caixilho, fixo ou móvel, eventualmente presente na parte superior das portas (Figura 5), utilizado para proporcionar iluminação e/ou ventilação aos ambientes (Corona; Lemos, 1972, p. 69).

A seteira, por sua vez, é uma espécie de bandeira, só que localizada ao lado da(s) folha(s) da porta, entre o montante intermediário e o montante do marco (Figura 6). Nos primórdios, seteira era uma abertura feita nas muralhas, utilizada para o lançamento de flechas e também responsável por fornecer ar e luz ao interior (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011, p. 3; Corona; Lemos, 1972, p. 426).

Já o postigo ou espreitadeira, constitui-se em uma portinhola (pequena abertura) feita sobre a folha da porta, na parte superior, que permite o olhar para o lado de fora (Figura 7). Quando dotado de uma lâmina cheia de furos ou de uma grade de madeira, denomina-se crivo (Corona; Lemos, 1972, p. 153-387).

Figura 5 – Portas com bandeira



Fonte: compilação da autora a partir de imagens coletadas nos sites Archdaily e Arkpad (Basulto; Assael, 2008; Barros Neto; Salomão, 2010)

Figura 6 – Portas com seteira



Fonte: compilação da autora a partir de imagens coletadas nos sites Archdaily e Arkpad (Basulto; Assael, 2008; Barros Neto; Salomão, 2010)

Figura 7 – Portas com postigo



Fonte: compilação da autora a partir de imagens coletadas nos sites Arkpad e Pinterest (Barros Neto; Salomão, 2010; Silbermann; Sharp; Sciarra, 2008)

Quanto ao movimento, de acordo com Davies e Jokiniemi (2008, p. 528), existem quatro categorias de classificação das portas no que se refere ao tipo de abertura: elas podem ser suspensas laterais, giratórias, dobráveis e deslizantes (ou corrediças).

Portas **suspensas laterais** são aquelas erguidas por uma das extremidades através de dobradiças. Entre elas estão a porta de giro, a porta vaivém e a porta holandesa.

### *Porta de giro*

Embora todas as portas “abram”, a porta de giro é popularmente chamada de “porta de abrir”. Corbeil e Archambault (2009, p. 160) a denominam convencional. É o tipo mais comum no mercado e seu eixo de rotação está localizado em uma de suas extremidades, fazendo com que a folha, sustentada por dobradiças, gire em apenas uma direção (Figura 8). Normalmente é usada nos cantos das paredes (formando as bonecas<sup>1</sup>) para oferecer *layouts* mais flexíveis. Para vencer vãos maiores, a porta de giro pode ser dupla, com folhas que se abrem e se fecham em sentidos opostos (Figura 8).

### *Porta vaivém*

Conhecida por Ching (1995, p. 62) como “*double-acting door*”, a porta vaivém é basicamente uma porta de giro cujas dobradiças permitem que a folha balance em qualquer direção a partir da posição fechada (Figura 8). Davies e Jokiniemi (2008, p. 373) a descrevem como uma porta cuja folha é articulada de modo que ela pode abrir em ambas as direções.

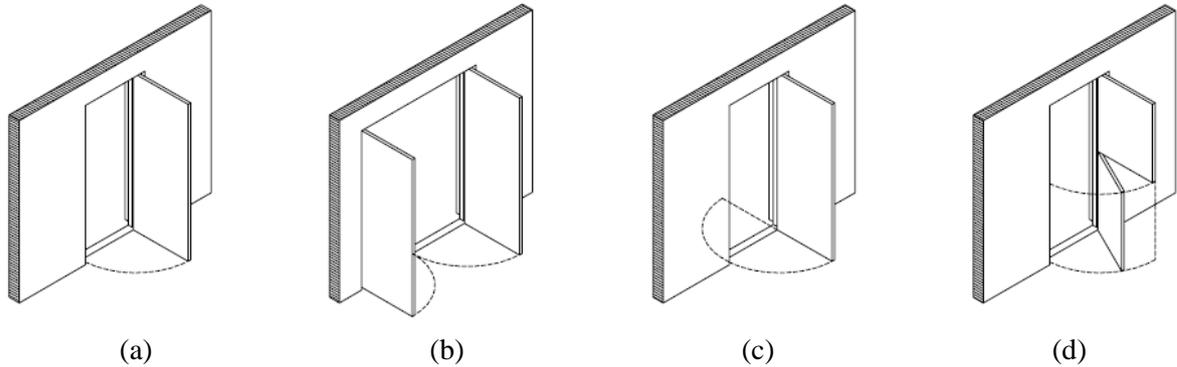
### *Porta holandesa*

A porta holandesa, ou *dutch door*, é uma particularidade da porta de giro. Seu diferencial está na divisão horizontal da folha, deixando a porta com duas partes independentes, uma parte superior e outra inferior, que podem ser abertas ou fechadas separadamente (Ching, 1995, p. 64). A parte superior pode abrir para dentro ou para fora do imóvel enquanto a parte de baixo fica fixa, e vice-versa (Figura 8). Davies e Jokiniemi (2008, p. 358) a chamam de “*stable door*”. Nas moradias brasileiras, esse modelo de porta é comum nas áreas rurais (Figura 9), onde se costuma criar animais no quintal. Quando a parte inferior está fechada, evita que os animais adentrem o interior da casa.

---

<sup>1</sup> Boneca é a saliência de alvenaria (que sobressai das paredes internas) onde é fixado o marco da porta (ÁVILA; GONTIJO; MACHADO, 1979, p. 27; CORONA; LEMOS, 1972, p. 80).

Figura 8 – Portas suspensas laterais: (a) Porta de giro simples; (b) Porta de giro dupla; (c) Porta vaivém; (d) Porta holandesa



Fonte: Davies; Jokiniemi (2008)

Figura 9 – Portas holandesas em moradias da área rural de Taquarana, município do interior do estado de Alagoas



Fonte: arquivo da autora (2023)

Portas **giratórias** são aquelas que giram em torno de um eixo de rotação vertical deslocado das extremidades, portanto, não se utilizam de dobradiças e sim de peças denominadas “pivô”. A porta pivotante se insere nessa classificação.

#### *Porta pivotante*

A porta pivotante, geralmente instalada na entrada da edificação por ser uma porta com um *design* mais elegante, gira em torno de um eixo de rotação vertical que não está localizado na extremidade da folha, não necessitando de dobradiças e sim de um pivô fixado no piso (soleira) e na travessa (Figura 10). Esse deslocamento do eixo, que pode ser central ou mais próximo das extremidades, faz com que a porta seja mais larga que o padrão.

Figura 10 – Portas pivotantes



**Fonte:** compilação da autora a partir de imagens coletadas nos sites Archdaily, Arkpad e Pinterest (Basulto; Assael, 2008; Barros Neto; Salomão, 2010; Silbermann; Sharp; Sciarra, 2008)

As portas **dobráveis** são aquelas cuja folha é constituída de dois ou mais painéis articulados que podem ser sobrepostos uns aos outros, ou seja, a folha pode ser dobrada. São exemplos a porta sanfonada e a porta camarão.

#### *Porta sanfonada*

Como o próprio nome diz, a porta sanfonada possui o movimento similar ao de uma sanfona. Corbeil e Archambalt (2009, p.160) a consideram uma porta deslizante, já que é composta por painéis articulados que se dobram e correm sobre trilhos. Devido aos vincos verticais, ela se dobra algumas vezes até que toda a folha esteja recolhida em um canto da porta. Dessa forma, como o vão de abertura não fica totalmente livre para passagem, ela deve ser pensada um pouco mais larga que o normal (Figura 11).

#### *Porta camarão*

Ching (2012, p. 62, tradução nossa) a define como uma porta “[...] com seções articuladas que podem ser dobradas umas contra as outras quando aberta [...]”. A porta camarão possui a mesma ideia da porta sanfonada, porém a peça é formada por duas ou mais folhas unidas por dobradiças (Figura 11).

Figura 11 – Porta dobráveis (da esquerda para a direita): dois exemplos de portas sanfonadas e dois exemplos de portas camarão



**Fonte:** compilação da autora a partir de imagens coletadas nos sites Archdaily e Pinterest (Basulto; Assael, 2008; Silbermann; Sharp; Sciarra, 2008)

Portas **deslizantes** são aquelas que correm sobre trilhos, sejam eles inferiores, superiores ou laterais à porta. Seu funcionamento pode ser manual ou motorizado (Davies; Jokiniemi, 2008, p. 347). São as portas de correr, basculantes e de rolo.

#### *Porta de correr*

A porta de correr consiste em uma folha que se desloca paralelamente à parede, deslizando sobre trilhos aparentes ou embutidos no piso e/ou no teto (Figura 12). Ela pode ter uma ou mais folhas (painéis) deslizantes e é ideal para ambientes com espaços reduzidos, permitindo o aproveitamento de cantos que geralmente ficam inutilizados quando se faz uso da porta de giro.

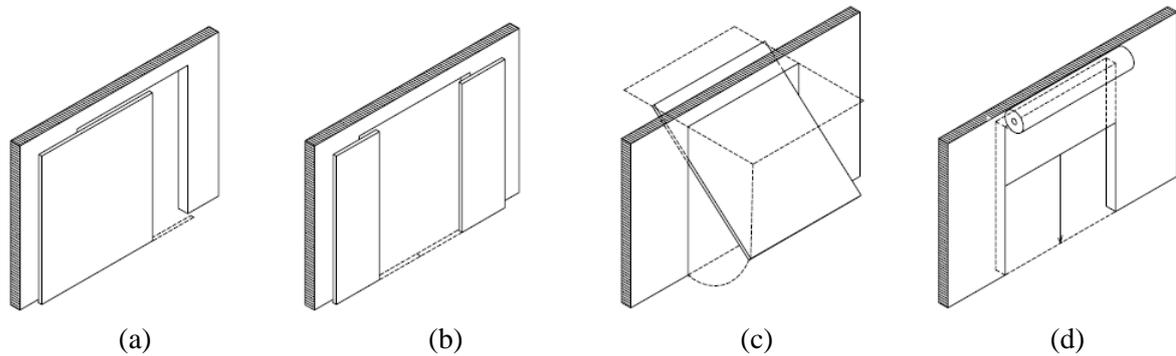
#### *Porta basculante*

De acordo com Ching (2012, p. 62), a porta basculante é uma grande porta produzida com uma ou várias folhas, que abre por balanço ou deslizando em um trilho até a posição horizontal acima da abertura da porta. Assim como a janela basculante, a porta possui o mesmo sistema de abertura: a dobradiça (ou trilho) é instalada na horizontal, fazendo a porta abrir para cima (Figura 12). Geralmente é utilizada em ambientes de garagem.

#### *Porta de rolo*

É qualquer porta que, quando em posição aberta, é enrolada em torno de um eixo de sobrecarga horizontal (Davies; Jokiniemi, 2008, 317), conforme Figura 12.

Figura 12 – Portas deslizantes: (a) Porta de correr simples; (b) Porta de correr dupla; (c) Porta basculante; (d) Porta de rolo



Fonte: Davies; Jokiniemi (2008)

Além dessas denominações mais comuns, as portas também podem receber outras nomenclaturas quando associam o tipo de abertura com variáveis relacionadas ao ambiente onde são instaladas ou com os elementos constituintes da folha que podem proporcionar ventilação e/ou iluminação. A porta veneziana e a porta-balcão são modelos usuais encontrados em residências.

#### *Porta veneziana*

A porta veneziana pode ser de giro ou instalada sobre trilhos (Figura 13). O diferencial é que a sua folha possui palhetas (distribuídas em toda a extensão da folha ou em parte dela), que podem ser fixas ou móveis, com espaçamentos entre si, permitindo a circulação do ar e a entrada de luz natural mesmo quando fechada (Ávila; Gontijo; Machado, 1979, p. 95).

#### *Porta-balcão*

Sinônimo de “janela rasgada até o chão” (Corona; Lemos, 1972, p. 419) ou “janela rasgada por inteiro” (Ávila; Gontijo; Machado, 1979, p. 25), a porta-balcão é aquela que se abre para sacadas, terraços ou varandas, e é composta por duas ou mais folhas que proporcionam ventilação/iluminação (através de venezianas), que são instaladas do lado de fora, e a mesma quantidade de folhas do lado de dentro, estas funcionando como vedação. Cada conjunto de folhas é independente, ou seja, pode-se optar por permitir a passagem ou apenas a ventilação/iluminação (Figura 13). Seu funcionamento pode ser tanto de giro quanto de correr.

Figura 13 – Da esquerda para a direita: dois exemplos de portas venezianas e dois exemplos de portas balcão



Fonte: compilação da autora a partir de imagens coletadas no site Pinterest (Silbermann; Sharp; Sciarra, 2008)

Em relação aos materiais utilizados em sua fabricação, percebe-se que, atualmente, com as novas técnicas desenvolvidas e adotadas pela indústria, a diversidade de materiais disponíveis e as possíveis combinações entre eles permitem a possibilidade de múltiplas aplicações da porta, que vão além da tarefa de vedar um vão de passagem. A mistura de materiais como madeira, vidro, alumínio, ferro, aço e PVC pode desempenhar funções distintas ligadas a estética, privacidade e segurança, por exemplo, além de oferecer conforto visual, térmico ou acústico aos ambientes, satisfazendo necessidades como o aproveitamento da ventilação e da luz natural.

Há centenas de anos, a madeira é utilizada na construção civil e na arquitetura para compor desde a estrutura do projeto até o revestimento, sendo um material largamente utilizado na fabricação de portas tanto internas como externas. Devido à sua alta resistência e versatilidade, pode ser trabalhada em diversos tamanhos e formatos, permitindo vários tipos de acabamento (Gurgel, 2020), além de oferecer uma ampla gama de *designs*, harmonizando com diferentes estilos arquitetônicos. Outra vantagem da madeira é o potencial de poder promover isolamento térmico e acústico. Com os cuidados adequados, é um material considerado de longa durabilidade.

O uso do vidro em edificações remonta ao período da Roma antiga, quando a sua forma final ainda era verde e pouco transparente. Mas esse material só passou a ser utilizado em habitações a partir do século XVII, deixando de ser exclusividade de igrejas e monastérios. Como consequência do aprimoramento das técnicas e dos processos de fabricação no decorrer do tempo, o vidro passou a compor, na atualidade, uma das classes de materiais mais utilizadas em diferentes segmentos da indústria, com uma estimativa de 70% da sua produção total voltada para a construção civil no Brasil (Westphal, 2016, p. 14-16).

Considerado um material de longa vida útil e de fácil manutenção, na porta, ele pode compor a folha (total ou parcialmente), a bandeira e/ou a seteira, promovendo a integração de ambientes e proporcionando iluminação natural aos cômodos. Nas residências, as portas de vidro costumam ser empregadas em ambientes que dão acesso à área externa da casa, como varandas, terraços ou sacadas, podendo ser encontradas em modelos temperados ou laminados, que garantem maior resistência às peças.

O alumínio, cuja produção foi introduzida no Brasil logo após a Segunda Guerra Mundial (Weiss, 1992, p. 52), é um material leve e resistente. Cada vez mais popular nas construções residenciais, além da praticidade de limpeza e manutenção, oferece às portas um visual moderno e inovador, podendo auxiliar no controle da entrada da luz e do fluxo de ar nos ambientes em que são instaladas.

O ferro, cujas evidências mais antigas encontradas datam de 7.000 a.C., é um material que não necessita de técnicas elaboradas para se transformar em artefato: a técnica milenar de fundir e martelar quando aquecido ainda hoje é utilizada por ferreiros, caracterizando uma produção mais artesanal (Navarro, 2006). As portas de ferro são resistentes e seguras, porém, a sua instalação em áreas externas deve levar em consideração alguns critérios como as condições naturais da região, incluindo sol, chuva e umidade, devido ao fato desse material ser drasticamente atacado pela corrosão. Sendo assim, necessitam de manutenção constante para evitar a sua deterioração.

As portas fabricadas em aço, por sua vez, diferenciam-se das de ferro por permitir a confecção de peças mais leves e resistentes, oferecendo mais leveza ao projeto. As portas corta-fogo, responsáveis por impedir ou retardar a propagação do fogo, calor e gases de um recinto para o outro (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2018) são um exemplo de porta normalmente produzida com chapas de aço galvanizado, podendo receber algum acabamento como inox ou pintura.

Já as esquadrias de PVC (policloreto de polivinila), que começaram a ganhar mercado no mundo pós-guerra, e no Brasil, mais especificamente na década de 1970, apresentam um elevado padrão de qualidade, resistência e durabilidade, aspectos garantidos através do seu processo de produção altamente industrializado. São de fácil instalação e possuem estabilidade de cor e de dimensões (em qualquer condição climática), isolamento termo acústico e proteção contra o alastramento de incêndios (Associação Brasileira da Construção Industrializada, 1991; Trikem AS, 1997).

### 2.1.3 A porta e a iluminação natural de espaços residenciais

A porta é um elemento fundamental na arquitetura de espaços residenciais, e sua relação com a iluminação natural é de grande importância para o conforto e o bem-estar dos moradores. Além de funcionar como uma fonte direta de luz natural, seja através de sua abertura ou de seus painéis transparentes (ou translúcidos), contribuindo significativamente para a redução da necessidade de iluminação artificial durante o dia, a porta também desempenha um papel de conector entre o espaço interno e o ambiente externo: portas amplas ou com grandes aberturas panorâmicas podem proporcionar vistas agradáveis do exterior, trazendo o ambiente externo para dentro de casa.

Nos últimos anos, a busca por eficiência energética e conforto visual tem impulsionado a promoção de boas práticas de projeto de iluminação natural. O uso inteligente da luz natural em edificações tem se mostrado uma estratégia valiosa na substituição da luz artificial, resultando em uma significativa redução no consumo de energia elétrica e na melhoria do bem-estar dos ocupantes. Estudos conduzidos por Didoné e Pereira (2010), e Rupp e Ghisi (2013), por exemplo, demonstram que o aproveitamento da luz natural pode resultar em uma redução considerável no consumo de energia destinada à iluminação artificial. Outras pesquisas revelam que há uma preferência significativa por vistas e luz natural em detrimento da iluminação artificial, evidenciando o forte impacto nos ritmos circadianos das pessoas. Essa descoberta ressalta como a exposição adequada à luz natural ao longo do dia pode influenciar positivamente a saúde geral dos indivíduos, além de impactar de forma favorável na sua produtividade e desempenho (Kleindienst; Andersen, 2012; Martau; Scarazzato, 2009).

Dentre as variáveis que contribuem para a magnitude e distribuição da luz natural no ambiente interno estão o tamanho, a orientação, a posição e os detalhes de projeto das aberturas, além das características ópticas dos envidraçados (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005a).

De acordo com Jain (2022), os projetos de fenestração sofreram alterações significativas ao longo dos milênios, influenciando os padrões da arquitetura. Em termos arquitetônicos, “fenestração” refere-se ao desenho e à disposição de portas e janelas de um edifício. O *design*, o tamanho e a localização desses elementos são fundamentais para melhoria da habitabilidade e da sustentabilidade de um espaço, exercendo grande impacto na forma como a edificação resiste às condições climáticas. Dessa forma, uma solução adequada de fenestração pode atuar controlando a iluminação natural e a temperatura, e ampliando

visualmente o espaço interno, além de contribuir para a redução no consumo de energia nos edifícios. Janelas em arco ou circulares, por exemplo, oferecem padrões únicos de iluminação, enquanto que janelas lineares horizontais podem proporcionar uma distribuição mais uniforme da luz.

De acordo com Bittencourt *et al.* (1995), em um estudo produzido para céus encobertos, a dimensão das aberturas é o fator que exerce maior influência nos níveis de iluminação natural em espaços internos, especialmente nas áreas mais próximas ao vão. As demais variáveis (forma e localização) também desempenham papel relevante, particularmente em ambientes com alta refletância média. Aberturas quadradas e alongadas na vertical proporcionam níveis de iluminação e de distribuição do fluxo luminoso semelhantes; já aberturas horizontais contribuem para uma distribuição mais uniforme da luz, principalmente se localizadas na parte mais alta do ambiente. Quanto à posição/localização da abertura na parede, os autores constataram que, para uma mesma área de abertura, a eficiência aumenta quando essa área é distribuída uniformemente em várias outras aberturas, independente da forma que assumam. Também pontuaram que aberturas mais altas proporcionam uma melhor distribuição do fluxo luminoso, já que há uma redução nos níveis de iluminação natural nas regiões próximas à fachada, e um aumento nas regiões mais afastadas; e que, no caso de uma única abertura ser imperativa no projeto, sua localização central possibilita um melhor aproveitamento da iluminação natural.

Reforçando a ideia de que a luz natural é um recurso valioso com um impacto significativo no bem-estar e na qualidade geral dos espaços internos, Jain (2023) acrescenta que a seleção de materiais e o desenho de portas e janelas desempenham papel determinante quando se trata de aproveitar a luz do dia. O autor afirma que diferentes estilos e configurações de aberturas têm efeitos diversos na intensidade, distribuição e qualidade da luz natural. Janelas grandes e amplas, por exemplo, como as janelas do piso ao teto, permitem a entrada de luz natural abundante. Por outro lado, janelas menores ou aberturas laterais estreitas podem proporcionar uma iluminação mais controlada e direcionada.

As portas de painel sólido, por sua vez, embora ofereçam privacidade visual, normalmente restringem a entrada de luz natural. Estas portas são constituídas por folhas opacas com pouca ou nenhuma superfície de vidro. Consequentemente, não são ideais para espaços onde a luz do dia é uma prioridade. No entanto, podem ser estrategicamente utilizadas em áreas onde a privacidade é essencial, como quartos, banheiros e outros recintos que exijam visibilidade externa limitada.

Existem numerosos estudos que abordam a relação entre a abertura da janela e a iluminação natural, no entanto, pesquisas que enquadrem a porta nessa perspectiva são mais difíceis de encontrar, o que pode ser atribuído ao fato de muitas vezes não nos darmos conta de que esse elemento arquitetônico desempenha papéis que vão além da sua função tradicional, que é a de servir como vão de passagem, interligando os ambientes.

Papamanolis (2004), em um estudo sobre a contribuição da varanda para o comportamento ambiental dos edifícios, evidencia que a porta é um elemento estrutural que está diretamente ligado às varandas, uma vez que é através dela que os residentes tem acesso a esse ambiente. É a presença de varandas em frente às aberturas na envoltória da edificação que favorece a instalação de portas sacadas ao invés de simples janelas. O autor também declara que o fato de a abertura de uma porta de varanda ter aproximadamente o dobro da superfície de uma janela de mesma largura já é um indício do tipo de influências indiretas que as varandas exercem no comportamento ambiental e energético dos edifícios a que pertencem.

No Brasil, a varanda reflete os hábitos tradicionais da arquitetura doméstica, pois é um elemento recorrente ao longo da história das habitações brasileiras, que sofreu modificações no decorrer do tempo para se adaptar a diferentes necessidades e arranjos sociais (Brandão; Martins, 2008). Kowaltowski *et al.* (2003) relatam que a inclusão da varanda nas construções brasileiras ao longo dos séculos, principalmente nas regiões de climas quentes, contribuiu para que ela fosse considerada um ambiente de integração e de proteção da incidência solar direta e das intempéries.

Em estudos realizados por França, Carvalho e Cabús (2009) e Carvalho (2010), em que foi avaliada a iluminação natural de salas de estar/jantar a partir da varanda em apartamentos de edifícios residenciais multifamiliares de Maceió, chegou-se à conclusão de que a varanda, apesar de ser considerada uma estratégia para diminuir os níveis de iluminância que chega ao ambiente adjacente, não obteve desempenho luminoso satisfatório, em face da incidência excessiva da radiação solar que se dá através da porta. Uma solução apontada por Carvalho (2010) seria a substituição da área envidraçada da parte inferior da esquadria (porta) por venezianas, o que favoreceria a ventilação e a filtragem dos raios solares.

Mapelli, Laranja e Alvarez (2017), em pesquisa realizada para a cidade de Vitória/ES, também em edifícios residenciais multifamiliares, ao associar o ambiente interno da sala à varanda com peitoril em alvenaria, observaram que a dimensão da porta mais vantajosa para a garantia da iluminação natural do espaço interno é a que possui área superior a 50% da área de parede. Outro estudo conduzido por Senna e Laranja (2018), para a mesma

localidade, em que se avaliou o desempenho luminoso de uma sala com varanda integrada, cujo peitoril em alvenaria tinha apenas 20 cm de altura, constatou que os níveis de iluminância permitem a realização de tarefas durante muitas horas do dia sem que seja necessário o uso da iluminação artificial, apesar do desconforto visual decorrente do alto contraste entre as iluminâncias, que são maiores próximo à abertura.

De acordo com Castro (2013), no contexto da cidade de João Pessoa, ao verificar se os níveis de iluminação proporcionados por dimensões mínimas de aberturas, permitidas pelo Código de Obras para a iluminação de um ambiente interno através de componentes de condução da luz natural (varanda e circulação), atendiam a valores de referência, observou que aberturas situadas acima do plano de análise contribuem para uma melhor distribuição da luz natural, em detrimento daquelas que possuem parte da área envidraçada localizada abaixo do plano de trabalho, a exemplo da porta de vidro, presente em varandas de apartamentos.

Outros estudos com os de Guisi, Tinker e Ibrahim (2005) e Seraj e Joarder (2018), avaliaram a influência do dimensionamento de aberturas na provisão de luz natural em ambientes internos. Guisi, Tinker e Ibrahim (2005), ao confrontar informações disponíveis na literatura com resultados obtidos por meio de simulação computacional, concluíram que as áreas de abertura recomendadas em normativo para garantir vista para o exterior são, na maior parte dos casos, inadequadas, pois tendem a ser maiores do que aquelas obtidas nas simulações para garantir eficiência energética. Também constataram que ambientes de pouca profundidade, como o recomendado na literatura para se permitir melhor aproveitamento da iluminação natural, não são os mais adequados para se garantir menor consumo de energia. Seraj e Joarder (2018), por sua vez, buscaram identificar a melhor localização e configuração de abertura possível para incorporar a luz natural nos espaços de jantar, através de ambientes adjacentes, no contexto de Dhaka; no entanto, averiguaram o quão complexo é especificar uma categoria como a melhor dentre as opções analisadas, pois cada uma tem suas próprias vantagens e deficiências.

## **2.2 A iluminação natural na arquitetura residencial dos trópicos**

A iluminação natural é aquela proveniente do sol, retratada pelos raios solares diretos e indiretos; estes, “retransmitidos pelo céu, pelas nuvens, pela vegetação, pelos prédios ou outros objetos existentes à superfície da Terra.” (Prado, 1962, p. 207-208).

Devido ao balanço energético da Terra, aos seus movimentos de rotação e translação, e em função do tipo de abóbada celeste, a ocorrência da luz natural se dá de forma

sazonal ou regional, impondo períodos alternados de exposição à radiação solar aos hemisférios norte e sul (Bittencourt, 2004). Isto posto, Corbella e Yannas (2009, p. 25) declaram que “o céu tropical é cheio de luz”, e, portanto, o projeto de iluminação dos trópicos deve ser pensado a partir da necessidade de se controlar a entrada da luz, buscando proteger o ambiente interno do ingresso exagerado da radiação solar direta, dos altos contrastes e do ofuscamento, no intuito de evitar o desconforto visual e térmico ao usuário da edificação.

Nesse sentido, é importante que as estratégias de aproveitamento da luz natural estejam relacionadas com as variáveis de contexto e de projeto. Gonçalves, Vianna e Moura (2011) afirmam que, paralelamente aos aspectos associados ao clima local e meio ambiente (entorno), estão as variáveis relacionadas ao edifício e o seu entorno imediato, que também interferem no desempenho da luz nos espaços internos. Corbella e Corner (2015) recomendam a proteção das superfícies da construção contra o sol direto, posicionando o edifício de maneira a obter a mínima carga térmica devida à energia solar; a instalação de dispositivos de proteção ou controle solar nas aberturas; a redução das áreas envidraçadas ao mínimo necessário; e o aproveitamento da ventilação para reduzir a umidade e promover a renovação do ar e o resfriamento do ambiente interno.

Aliados a esses recursos, aspectos econômicos, funcionais e estéticos da edificação também devem ser levados em consideração. Vianna e Gonçalves (2007, p. 34-36) acreditam que deve haver uma ponderação entre esses parâmetros, primando-se por soluções arquitetônicas economicamente viáveis e que atendam às necessidades de conforto luminoso da atividade a ser desempenhada no ambiente.

Dessa forma, um bom projeto de iluminação natural deve utilizar e controlar a luz disponível, maximizando seus benefícios e atenuando suas desvantagens. E na definição de uma prioridade em termos de exposição à luz natural, devem ser estabelecidos valores de iluminâncias e distribuição necessários para cada tipo de atividade, já que em determinados ambientes a iluminação uniforme é mais recomendada, enquanto que em outros é desejável maior variação. Os critérios também devem variar para ambientes onde os usuários permanecem em posições fixas em comparação com aqueles em que os ocupantes têm a liberdade de se deslocar em direção às aberturas ou afastar-se delas. (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005a).

### 2.2.1 Desempenho luminoso em residências

Em ambiente residenciais, a iluminação natural geralmente é assegurada por meio de aberturas laterais, cuja regulamentação se dá comumente através do código de obras, principal instrumento regulador do projeto de sistemas de iluminação natural (Castro *et al.*, 2015).

No Brasil, o Código de Obras é uma lei que estabelece as normas e diretrizes para a construção, reforma e ampliação de edificações dentro dos limites de cada município, visando garantir que as construções atendam a padrões de segurança, higiene, conforto e salubridade, e assegurando a qualidade e a adequação das edificações para os seus ocupantes (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1992). Nesse documento, é comum utilizar a relação entre a área de janela e a área de piso como padrão para definir a área mínima de abertura para iluminação natural. No entanto, essa abordagem não contempla as diversas variáveis que podem interferir no desempenho luminoso. Como resultado, essa relação torna-se limitada em relação ao conforto ambiental, sendo necessária uma revisão dos Códigos de Obras em relação às regras que definem as condições de iluminação natural em edificações de uso residencial, que contemple recomendações que estejam relacionadas à área mínima, à geometria e ao posicionamento da abertura, bem como à transparência do fechamento, que devem ser definidos de acordo com as condições climáticas do local (Castro *et al.*, 2015).

O Código de Urbanismo e Edificações de Maceió (Maceió, 2007) determina que o atendimento aos níveis de iluminação é de competência e responsabilidade dos profissionais que subscrevem o projeto, e não menciona qualquer relação entre a área de aberturas e a área de piso, ou outras variáveis como profundidade máxima do ambiente e área mínima de abertura, adotadas pelos códigos de obras de algumas cidades brasileiras.

Segundo Baker e Steemers (2002), e Vianna e Gonçalves (2007), as iluminâncias internas provenientes das aberturas variam conforme o decorrer dos dias, meses e anos, e de acordo com a sua localização no ambiente, ou seja, à medida que se afastam da abertura, seus valores diminuem, contribuindo para uma maior variação na distribuição (uniformidade) da luz. É sabido também que, para a realização de qualquer tarefa, o ambiente deve possuir iluminação adequada para que o seu usuário possa desenvolvê-las com o máximo de acuidade visual e o mínimo de esforço. E que cada tipo de atividade realizada requer níveis específicos de iluminação que assegurem máximo conforto, segurança e eficiência durante sua execução (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013).

No entanto, Mardaljevic (2011) afirma que ainda há dúvidas sobre os limites

aceitáveis dos níveis de iluminância para os ambientes residenciais, tendo em vista que as tarefas realizadas no âmbito doméstico não apresentam as mesmas necessidades daquelas empreendidas em ambientes de trabalho, evidenciando a existência de uma lacuna na definição de níveis adequados/mínimos de iluminância e de parâmetros relacionados ao desempenho da luz natural nos espaços habitacionais. Além disso, observa-se também a falta de critérios para se determinar em que situação espacial (percentual da área do ambiente) a iluminância mínima deve ser mantida. A *Illuminating Engineering Society of North America* (IESNA, 2012) recomenda, para ambientes comerciais e de escritórios, um nível de iluminância de 300 lx para pelo menos 50% das horas do dia, no decorrer de um ano, em pelo menos 55% da área. Mas não há qualquer menção quanto a esse tipo de recomendação para residências.

No Brasil, de acordo com a NBR 15575-1 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2021), que estabelece os requisitos e critérios de desempenho aplicáveis às edificações habitacionais, “as dependências da edificação habitacional [...] devem receber iluminação natural conveniente, oriunda diretamente do exterior ou indiretamente, através de recintos adjacentes”. É a única norma brasileira vigente que determina níveis mínimos de iluminâncias para a luz natural em ambientes residenciais, e estipula que, contando unicamente com iluminação natural, os níveis mínimos de iluminância natural para ambientes de permanência prolongada devem ser maiores ou iguais a 60 lx, recomendando, para maior conforto dos usuários, para os níveis de desempenho intermediário e superior, valores iguais ou superiores a 90 lx e 120 lx, respectivamente.

Outro documento que também estabelece requisitos específicos em relação à iluminação natural dos ambientes residenciais no país é o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R (Brasil, 2012), que tem o objetivo de determinar o nível de eficiência energética das unidades habitacionais autônomas e oferecer pontuações adicionais na forma de bonificação, caso os critérios de aproveitamento da luz natural aumentem a eficiência da edificação. O manual oferece a possibilidade de bonificação, através de simulação computacional, quando se comprova que o ambiente de permanência prolongada mantém uma autonomia de luz natural de 60 lx em 70% do ambiente durante 70% das horas ao longo do ano, para o caso de não haver proteção solar. Quando esses mesmos ambientes possuem dispositivos de sombreamento, o percentual da área a ser atendida pela iluminação natural é reduzido para 50%.

Em estudo desenvolvido por Nascimento e Batista (2016) para a cidade de Maceió, foram realizadas simulações computacionais de ambientes residenciais para avaliar o desempenho luminoso de acordo com a NBR 15575 e a métrica UDI<sup>2</sup> associada aos itens do RTQ-R. Os resultados revelaram diferentes níveis de desempenho: ao seguir a norma, a classificação superior foi alcançada em todas as orientações estudadas, enquanto que pela métrica UDI foi obtida a classificação intermediária. Os autores concluíram que os critérios de análise propostos pela norma são abrangentes e pouco precisos, e os resultados obtidos pelos dois métodos apresentam informações distintas.

Techio *et al.* (2021) conduziram um estudo para a cidade de Santa Maria/RS em que avaliaram o desempenho da luz natural em três ambientes (dormitório principal, sala e cozinha/lavanderia) de um empreendimento de habitação multifamiliar, com base nas recomendações da NBR 15575 e do RTQ-R. Os resultados indicaram que os níveis de iluminância recomendados pela NBR 15575 e pelo RTQ-R foram atendidos, com exceção do nível de desempenho superior. Os autores também reforçaram a importância de se avaliar a disponibilidade de iluminação natural ao longo do ano, utilizando arquivos climáticos e considerando variáveis que permitam entender o comportamento da luz natural no interior de unidades habitacionais.

Danieleski, Oliveira e Medeiros (2019) realizaram análises de desempenho da luz natural em ambientes de cozinha e de área de serviço de residências multifamiliares, com base na NBR 15575 e na métrica de avaliação UDI, indicando a influência de variáveis como a geometria do ambiente, o tipo de iluminação, se direta ou indireta, e a utilização de elementos externos, como o brise de proteção solar tipo “colmeia”. Os autores constataram que a classificação por meio da normatização pode ser questionável se comparada aos resultados obtidos mediante os intervalos de iluminância da métrica UDI, tendo em vista que o valor mínimo para classificação como desempenho superior pela NBR 15575 equipara-se ao intervalo de iluminância insuficiente da métrica UDI.

---

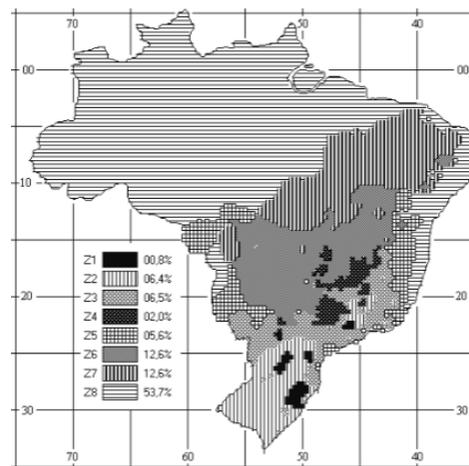
2 A métrica UDI (*Useful Daylight Illuminance*), ou IULN (Iluminância Útil da Luz Natural), expressa a porcentagem de horas, em um ano, em que a iluminância do ambiente avaliado permanece na faixa considerada de conforto visual (iluminação autônoma) – entre 300 lx e 3.000 lx. Áreas com valores acima de 3.000 lx (excesso de iluminação) ou abaixo de 100 lx (iluminação insuficiente) são consideradas zonas desconfortáveis quanto à iluminação natural (Mardaljevic *et al.*, 2012).

O trabalho de Guidi *et al.* (2018) também utilizou os critérios propostos no RTQ-R e na NBR 15575-1 para analisar a admissão de luz natural em um edifício residencial inserido na malha urbana da cidade de Belo Horizonte sob a influência de diferentes topografias. Os resultados indicam que ambientes potencialmente mais escuros, como os dormitórios localizados em pavimentos inferiores de cânions urbanos, tem baixo atendimento aos requisitos do RTQ-R; e que a legislação municipal deveria ser revisada nas situações de maior declividade.

### 2.2.2 Contexto climático de Maceió

A cidade de Maceió (latitude 9° 41' S e longitude 35° 43' O), capital do estado de Alagoas, está situada na zona bioclimática 8, conforme Zoneamento Bioclimático Brasileiro de 2005 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005b) (Figura 14). De acordo com a nova proposta de zoneamento climático brasileiro para edificações residenciais (Walsh; Cóstola; Labaki, 2023), que divide o Brasil em 10 zonas climáticas, Maceió está inserida na Zona 7: muito quente e úmido (Figura 15), caracterizada por áreas de baixa altitude no litoral, localizando-se predominantemente no bioma mata atlântica.

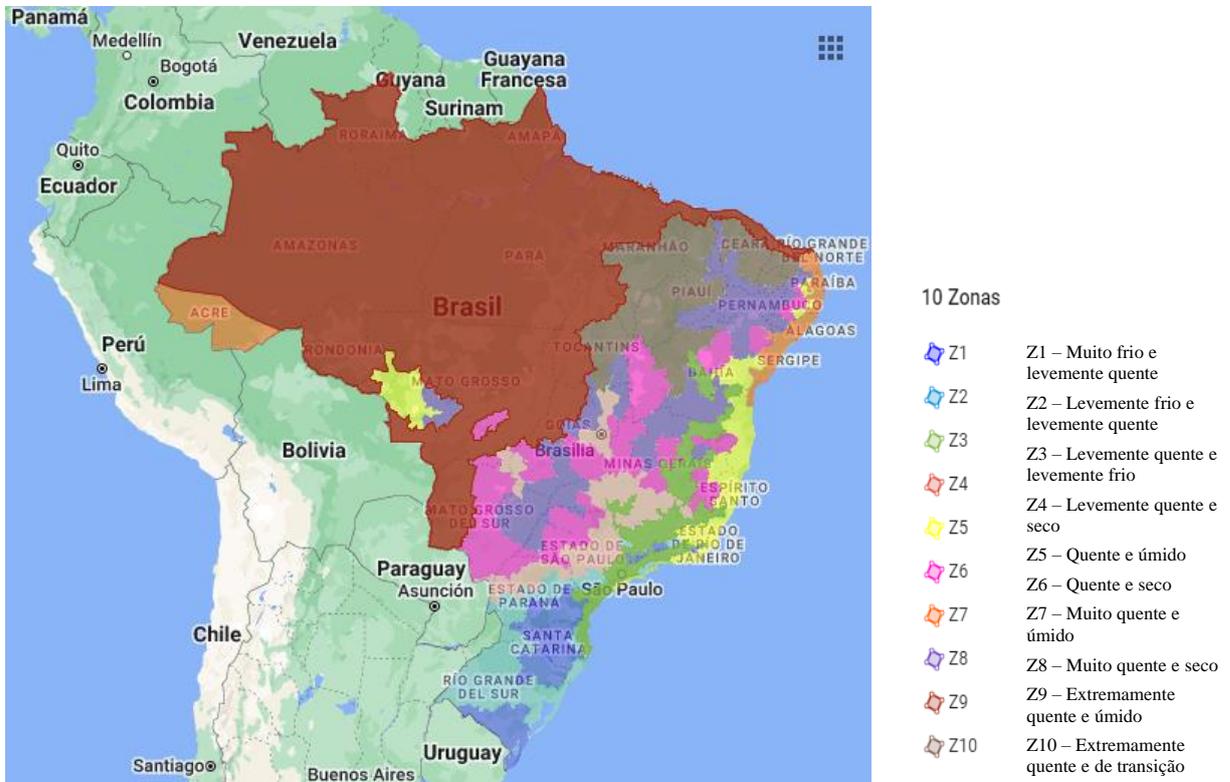
Figura 14 – A cidade de Maceió está situada na zona bioclimática 8, de acordo com o Zoneamento Bioclimático Brasileiro de 2005



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005b)

Devido à baixa latitude, à radiação difusa muito intensa e, em especial, à alta umidade do ar, que resulta da proximidade de oceanos e lagoas, o clima característico da capital alagoana é o tropical quente-úmido (Koenigsberger *et al.*, 1977; Romero, 2013).

Figura 15 – A cidade de Maceió está situada na Zona 7: Muito quente e úmido, de acordo com a nova proposta de zoneamento climático brasileiro para edificações residenciais



Fonte: Walsh; Cóstola; Labaki (2023)

A cidade apresenta temperatura média anual de 24,8°C e baixa variação térmica, pois as temperaturas variam ligeiramente entre o dia e a noite e também durante o ano. A temperatura média mensal mais alta ocorre em fevereiro (26,3°C), enquanto que a menor ocorre em agosto (23,5°C). As temperaturas máximas e mínimas mensais também apresentam pequena amplitude: a máxima varia de 27,0°C (em julho) a 30,4°C (em fevereiro), e a mínima varia de 20,2°C (em agosto) a 22,7°C (em março) (Cabús, 2002).

A precipitação anual é de 2.167,7 mm, com cerca de 60% da precipitação concentrada entre os meses de abril e julho. A umidade relativa anual é de 78,3%, sendo maior em maio (82,6%) e menor em novembro (74,7%), não apresentando uma variação significativa ao longo do ano, já que mesmo na estação mais seca os valores continuam elevados (Cabús, 2002).

Com relação à insolação, expressa em horas por mês, ela é maior durante a estação seca do que durante os meses chuvosos. E quanto à fração de céu encoberto por nuvens, a cidade de Maceió apresenta maior nebulosidade no mesmo período da precipitação pluvial, que ocorre de abril a julho (Cabús, 2002).

De acordo com a NBR 15220-3 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005b, p. 10-12), por integrar o zoneamento bioclimático 8, a cidade de Maceió tem como diretrizes construtivas o emprego de grandes aberturas para ventilação e o sombreamento dessas aberturas. As paredes externas e a cobertura devem ser leves e refletoras, e como estratégia de condicionamento térmico, deve-se adotar ventilação cruzada permanente, atentando-se para os ventos predominantes da região e para o entorno, que pode alterar significativamente a direção dos ventos.

### **2.3 Avaliação do desempenho luminoso na arquitetura**

A avaliação do desempenho luminoso na arquitetura possibilita aos profissionais arquitetos e projetistas estudos cada vez mais complexos e fieis à realidade (Ribeiro, 2017), que auxiliam na avaliação da performance da luz do dia no projeto de arquitetura.

A iluminação natural em edificações tem sido avaliada por meio de três métodos: simulações, medições de campo e opinião dos usuários, abordagens complementares que apresentam vantagens e limitações. As avaliações realizadas através de simulações são eficazes para análises de períodos prolongados, com base em arquivos climáticos anuais (Bogo; Pereira; Claro, 2009; Leder; Leal; Lima, 2015).

Segundo Mardaljevic (2013), a Modelagem da Iluminação Natural Baseada no Clima (Climate-Based Daylight Modelling – CBDM) oferece os meios para os maiores avanços na análise da luz natural em edifícios, modelando a luz natural assim como ela é experimentada, proporcionando uma compreensão mais precisa e realista do desempenho da iluminação natural nas edificações, ao considerar as variações de luminosidade e as características do céu em diferentes climas.

Em virtude do grande avanço tecnológico dos últimos tempos, tornou-se possível a criação de *softwares* baseados em cálculos matemáticos avançados (Cabús, 2005), cujos resultados permitem análises (quantitativas e qualitativas) de diferentes possibilidades projetuais, podendo também integrar aspectos energéticos e térmicos (Pereira, 2017), auxiliando no processo de tomada de decisões em diferentes etapas de projeto.

#### **2.3.1 O *software* TropLux**

Dentre os programas existentes desenvolvidos para o cálculo e a previsão da luz

natural no ambiente construído, o *software* TropLux (Cabús *et al.*, 2020) foi a ferramenta selecionada para a realização das simulações computacionais. Desenvolvido por Cabús (2002), o programa é capaz de simular satisfatoriamente a realidade da iluminação natural em diferentes tipos de clima.

Desenvolvido em MatLab e baseado em três conceitos fundamentais: método Monte Carlo aplicado à iluminação natural, método do raio traçado e coeficientes de luz natural (Cabús, 2005), o programa tem a capacidade de representar variadas tipologias arquitetônicas, determinar o tipo, a localização e o dimensionamento de aberturas, trabalhar a geometria e o posicionamento de obstruções, sejam elas internas ou externas, bem como definir a caracterização das propriedades ópticas dessas superfícies (refletância, transmitância, difusividade e especularidade). As simulações são realizadas a partir da configuração de características como localização, orientação geográfica, tipo de céu, entre outros atributos, e geram dados que podem ser visualizados e analisados através de tabelas, gráficos e isocurvas.

O *software* utiliza dois tipos de modelagem de céu: uma delas é baseada no conjunto de 15 tipos de céu definidos pela CIE (CIE, 2002); a outra consiste no céu com Distribuição Dinâmica de Luminâncias, que combina, de forma probabilística, três tipos de céu padrão CIE (claro, parcialmente nublado e encoberto), a partir dos dados meteorológicos da cidade escolhida para o estudo.

O Grupo de Pesquisa em Iluminação (GRILU) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) é o responsável pelas revisões e atualizações do programa, utilizado no desenvolvimento de pesquisas científicas nacionais e internacionais, entre artigos, teses e dissertações (Haredy, 2016; Laranja, 2010; Ramos; Ghisi 2010).

### 2.3.2 Indicadores de desempenho luminoso

Uma boa iluminação possibilita o desempenho de tarefas visuais com eficiência, precisão e segurança, sem causar fadiga visual e desconforto ao usuário do ambiente. Para isso, demanda igual atenção para a quantidade e a qualidade da iluminação (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013), aspectos que podem ser estudados a partir de diversos parâmetros empregados em métricas de avaliação do desempenho luminoso de um determinado espaço, seja ele de um novo projeto ou de uma construção já existente.

As métricas de avaliação, ou indicadores de desempenho luminoso, surgiram a partir da necessidade de avaliar um ambiente do ponto de vista da iluminação de forma mais específica, permitindo análises comparativas entre diferentes estratégias de tratamento da luz

natural (Ribeiro, 2020). Através da combinação de diversos fatores é possível prever resultados de desempenho que vão auxiliar na tomada de decisões projetuais (Mardaljevic; Heschong; Lee, 2009).

De acordo com Tregenza e Loe (1998), a iluminância, medida em lux (lx), é uma grandeza fotométrica que calcula a quantidade de luz incidente em uma superfície. Frequentemente utilizada na avaliação do desempenho luminoso de espaços construídos, trata-se de um parâmetro de referência para a análise da disponibilidade de luz natural e artificial em ambientes internos utilizado por todas as normas brasileiras referente à iluminação. Por se tratar de um dado pontual, diversos autores indicam que o seu cálculo deve ser determinado a partir da iluminância média no plano de trabalho e esse resultado deve ser comparado com os requisitos estabelecidos pelas normas (Ribeiro, 2020).

Para essa pesquisa, foram utilizados os indicadores de desempenho luminoso descritos a seguir.

#### 2.3.2.1 Iluminância Média Anual – EMA

A Iluminância Média Anual (EMA) representa a média de todos os valores de iluminância calculados em cada ponto do ambiente, simulada em um intervalo de tempo de um ano, e considera o somatório das componentes direta (CD) e refletida (CR), do sol e do céu. A CD mais a CR correspondem à componente global (CG). A componente direta (CD) é proveniente diretamente do sol e do céu, e a componente refletida (CR) corresponde à luz do céu e do sol refletidas nas superfícies (Cabús; Ribeiro, 2015). Estudos conduzidos por Laranja (2010), Lima (2015) e Vasconcellos (2019) empregaram esse conceito de maneira semelhante, para a realização de análises comparativas de desempenho.

#### 2.3.2.2 Uniformidade Média Anual – UMA

A Uniformidade (U) é um parâmetro de avaliação de desempenho da luz indicado pela razão entre o valor mínimo e o valor médio da iluminância (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013, p. 6) em pontos determinados em um dado ambiente. De acordo com a NBR 15215-4 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2023), não há valores padronizados para a uniformidade em relação à luz natural, então quanto mais próximo de 1, maior a uniformidade. Baker, Fanchiotti e Steemers (1993) e Baker e Steemers (2002) utilizaram esse conceito para avaliar o desempenho da iluminação natural.

A Uniformidade Média Anual (UMA), por sua vez, representa a média de todos os valores de Uniformidade calculados em cada ponto do ambiente, simulada em um intervalo de tempo de um ano. O estudo de Silva (2022) utilizou o conceito da UMA para avaliar o desempenho luminoso em diferentes geometrias de cozinhas de edificações multifamiliares em Vitória, ES.

#### 2.3.2.3 Autonomia de Luz Natural – ALN

A Autonomia de Luz Natural (ALN) ou *Daylight Autonomy* (DA), inicialmente definida pela *Association Suisse des Electriciens* (1989), e posteriormente reformulada por Reinhart, Mardaljevic e Rogers (2006), corresponde ao percentual das horas de trabalho do ano em que um valor mínimo de iluminância consegue ser mantido apenas com luz natural. Em outras palavras, a ALN é o percentual de horas por ano que um determinado ambiente atinge uma meta de iluminância natural pré-estabelecida.

#### 2.3.2.4 Autonomia de Luz Natural Espacial – ALNe

Derivada da ALN, a Autonomia de Luz Natural Espacial (ALNe) ou *Spatial Daylight Autonomy* (sDA), desenvolvida pela *Illuminating Engineering Society* (IES) (Illuminating Engineering Society of North America, 2012), avalia a suficiência de iluminância natural no ambiente a partir do percentual da área de análise que atinge uma meta de iluminância natural, em uma fração específica de horas.

A LM-83-12, relatório técnico também desenvolvido pela IES (Illuminating Engineering Society of North America, 2012), fornece diretrizes e métodos para auxiliar na medição e no cálculo da ALNe, permitindo a avaliação da qualidade da iluminação natural ao longo do tempo e em diferentes partes do ambiente. De acordo com essa norma, quando um espaço analisado atinge uma porcentagem de área maior ou igual a 75% que atende a um nível mínimo de iluminância de luz natural, para pelo menos 50% das horas do dia, ele é classificado como favorável ou preferível; quando o percentual da área é igual ou maior que 55%, ele é considerado neutro ou aceitável.

#### 2.3.2.5 Exposição Solar Anual – ESA

Assim como a ALNe, a Exposição Solar Anual (ESA) ou *Annual Sunlight Exposure* (ASE) também foi desenvolvida pela *Illuminating Engineering Society of North*

*America* (Illuminating Engineering Society of North America, 2012), e pode delimitar condições de potencial desconforto visual geradas pela radiação solar direta excessiva no espaço. Esse indicador de desempenho refere-se à porcentagem da área do espaço que recebe demasiada luz solar direta (1.000 lx ou mais durante pelo menos 250 horas ocupadas por ano), o que pode causar ofuscamento ou aumento das cargas de resfriamento.

A LM-83-12 também fornece diretrizes sobre como medir e avaliar a exposição solar anual em um ambiente, auxiliando na compreensão de quanto e quando a luz solar direta penetra no espaço ao longo do ano. A norma define que os níveis de desempenho da ESA de um determinado espaço devem ser classificados da seguinte forma: aceitáveis, quando estão abaixo de 3%, neutros, quando estão abaixo de 7%, e insatisfatórios, quando os índices se encontram acima de 10%.

### 3 METODOLOGIA

Esta seção trata dos procedimentos e ferramentas utilizados para avaliar o uso da porta de entrada no aproveitamento da luz natural em um ambiente residencial na cidade de Maceió/AL.

O estudo, realizado a partir de uma série de simulações computacionais por meio do *software* TropLux, baseia-se na análise das condições de iluminação natural de um ambiente hipotético, a partir de dois tipos de porta de entrada: uma com a folha em painel sólido, ou seja, com a superfície opaca, e outra com a folha constituída de aberturas com fechamento em vidro comum transparente. Para a primeira, foi considerado que a luz natural penetra o ambiente a partir da sua abertura; para a outra, convencionou-se que a porta está fechada e a iluminação natural traspasa os elementos envidraçados para adentrar o espaço interno.

A metodologia do trabalho está organizada em quatro etapas: a primeira etapa consiste na definição e caracterização do modelo; a segunda compreende a definição dos parâmetros de estudo; a etapa seguinte apresenta os parâmetros de simulação computacional utilizados nos processamentos; e a etapa final trata dos critérios empregados para as análises dos resultados obtidos.

#### 3.1 Definição e caracterização do modelo

O ambiente hipotético foi modelado na interface do *software* TropLux (Figura 16), e definido de acordo com os estudos realizados por Dias *et al.* (2018) e Ribeiro (2020), que avaliaram a disponibilidade de luz natural em ambientes no clima tropical. Dessa forma, o modelo base consiste em um ambiente térreo de uma sala residencial, que o manual do RTQ-R classifica como espaço de permanência prolongada, e apresenta as seguintes dimensões, conforme Figura 17: 5,00 m de largura por 5,00 m de profundidade, totalizando uma área de 25,00 m<sup>2</sup>; 0,15 m de espessura para as paredes; e 3,00 m de pé-direito.

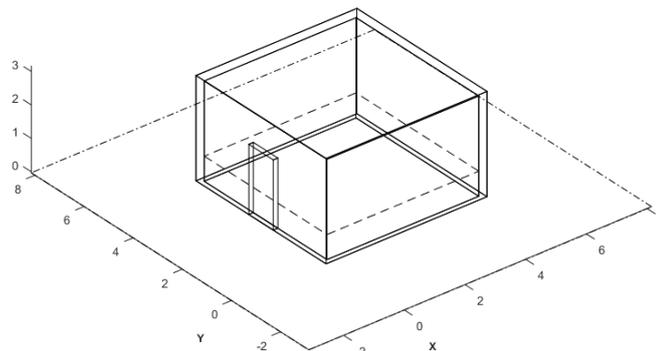
Para efeitos de comparação, adotou-se um Modelo de Referência (MR), optando-se pela inserção do modelo base em um lote<sup>3</sup> retangular de 10,00 m x 20,00 m, com recuo frontal de 5,00 m e recuos laterais de 2,35 m (Figura 18). O MR considera a situação que

---

3 As dimensões do lote e dos recuos utilizados estão dentro das prescrições urbanísticas do Código de Urbanismo e Edificações de Maceió (Maceió, 2007).

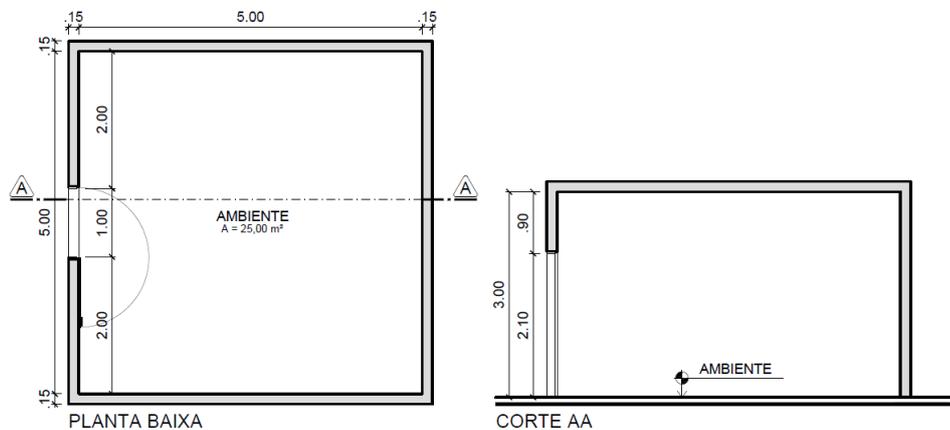
permite uma maior quantidade de luz natural adentrando o ambiente, sem qualquer tipo de proteção (dispositivo de sombreamento) para a porta de entrada e com um entorno que desconsidera a vegetação e edificações adjacentes como obstruções, considerando somente os limites do terreno com um muro de 2,10 m de altura, cuja refletância corresponde a 0,40, conforme critérios de modelagem para superfícies externas da proposta de reestruturação do item 13 – Desempenho lumínico, da norma NBR 15575-1.

Figura 16 – Modelagem do ambiente hipotético (modelo base) na interface do *software* TropLux



Fonte: elaborado pela autora (2022)

Figura 17 – Planta baixa e corte AA (sem escala) com dimensões em metros, do ambiente hipotético



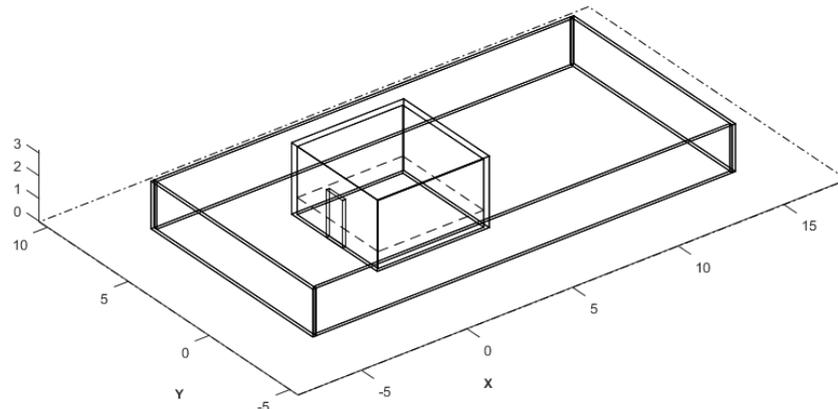
Fonte: elaborado pela autora (2022)

Em relação à definição das características dos materiais do ambiente modelado, foram definidas para o piso, as paredes e o teto as refletâncias de 0,20, 0,50 e 0,70, respectivamente, considerando a interferência do mobiliário sobre o piso e na superfície das paredes.

Como o trabalho tem o objetivo de avaliar a influência somente da porta na disponibilidade de luz natural do ambiente proposto, as aberturas correspondentes às janelas foram desconsideradas para as simulações. Nesse sentido, a porta é a única abertura existente

no modelo por onde a luz adentra o ambiente.

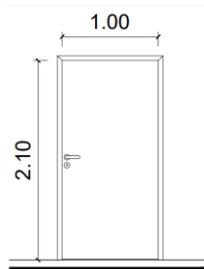
Figura 18 – Modelagem do Modelo de Referência – MR na interface do *software* TropLux



Fonte: elaborado pela autora (2022)

Como mencionado anteriormente, foram utilizados dois tipos de porta de entrada para o estudo, porém, a porta de superfície opaca (sem elementos envidraçados) foi usada no modelo base e apresenta as seguintes dimensões: 1,00 m de largura por 2,10 m de altura, sendo essas medidas consideradas a área de abertura (Figura 19). Para esse elemento, foi considerado o valor de refletância de 0,50. Convencionou-se também que a abertura está centralizada no vão da parede, uma vez que a localização central possibilita um melhor aproveitamento da luz natural, segundo Bittencourt *et al.* (1995).

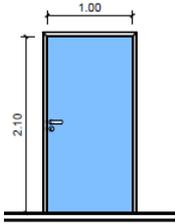
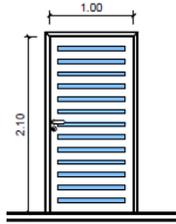
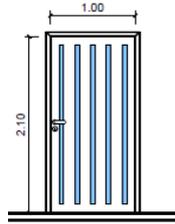
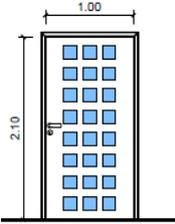
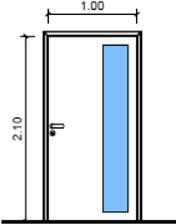
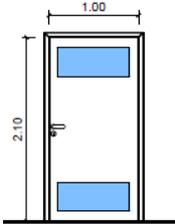
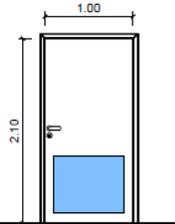
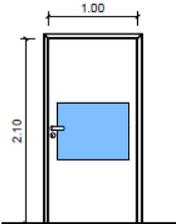
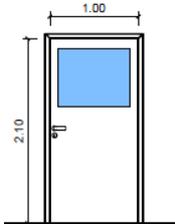
Figura 19 – Vista da porta opaca (sem escala) com dimensões em metros, utilizada no MR



Fonte: elaborado pela autora (2022)

Os modelos das portas com elementos envidraçados foram definidos com base nos exemplares disponíveis atualmente no mercado, e todos possuem as mesmas medidas convencionadas para a porta opaca: 1,00 m de largura por 2,10 m de altura. Para simplificar as nomenclaturas, os modelos foram codificados, conforme Quadro 1. Cada exemplar apresenta um total de 0,52 m<sup>2</sup> de área envidraçada, com exceção do modelo VT, que possui a superfície da folha totalmente envidraçada. O vidro utilizado nos processamentos é do tipo comum transparente.

Quadro 1 – Modelos de portas com diferentes configurações de elementos envidraçados

<b>CÓDIGO</b>	<b>VT</b>	<b>VH</b>	<b>VV</b>
<b>MODELO</b>	Porta 100% de vidro	Porta com elementos envidraçados na horizontal	Porta com elementos envidraçados na vertical
<b>REPRESENTAÇÃO EM VISTA</b> (sem escala)			
<b>CÓDIGO</b>	<b>VQ</b>	<b>VL</b>	<b>VIS</b>
<b>MODELO</b>	Porta com elementos envidraçados quadrados	Porta com elemento envidraçado na lateral	Porta com elementos envidraçados inferior e superior
<b>REPRESENTAÇÃO EM VISTA</b> (sem escala)			
<b>CÓDIGO</b>	<b>VI</b>	<b>VC</b>	<b>VS</b>
<b>MODELO</b>	Porta com elemento envidraçado inferior	Porta com elemento envidraçado centralizado	Porta com elemento envidraçado superior
<b>REPRESENTAÇÃO EM VISTA</b> (sem escala)			

Fonte: elaborado pela autora (2022)

### 3.2 Definição dos parâmetros de estudo

Para avaliar a influência da porta de entrada no desempenho luminoso do ambiente proposto, foram considerados os seguintes parâmetros de estudo:

- para a porta opaca:
  - (a) a presença de elementos externos;
  - (b) a largura da porta de entrada;
  - (c) a posição da porta de entrada no ambiente;
  - (d) o ângulo de abertura da porta de entrada; e
  - (e) as diferentes possibilidades de abertura da porta holandesa;
- para a porta com elementos envidraçados:

(a) as diferentes possibilidades de formato e distribuição das áreas envidraçadas da porta de entrada.

No intuito de investigar a influência da orientação da abertura na disponibilidade de luz natural no interior do ambiente, todos os cenários propostos foram simulados para as orientações Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste.

Para cada cenário criado, foi proposta uma classificação em códigos, baseada em critérios específicos, conforme quadros dos itens seguintes.

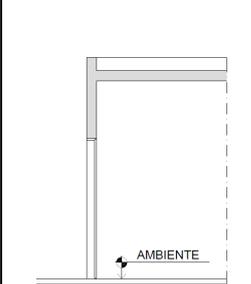
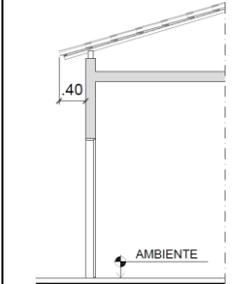
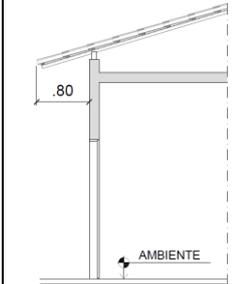
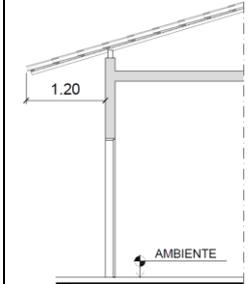
### 3.2.1 Análise da influência da presença de elementos externos

Para essa análise, são considerados elementos externos a projeção da cobertura e o ângulo da altura de obstrução do entorno imediato<sup>4</sup>.

Na avaliação da projeção da cobertura, foi considerado o dispositivo de proteção do tipo telha colonial com inclinação de 30%, cobertura comum nas residências térreas da cidade de Maceió. As projeções de beiral propostas podem ser verificadas no Quadro 2.

Para os processamentos que avaliaram a interferência do entorno imediato, foram definidas três alturas de obstrução, formando ângulos verticais ( $\Theta$ ) de 30°, 45° e 60° (Quadro 3), medidos a partir do centro da porta, de acordo com a Figura 21.

Quadro 2 – Projeções da cobertura

CÓDIGO	MR	P40	P80	P120
DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO	Sem proteção	Beiral com inclinação de 30%	Beiral com inclinação de 30%	Beiral com inclinação de 30%
PROJEÇÃO	-	0,40 m	0,80 m	1,20 m
REPRESENTAÇÃO EM CORTE (sem escala)				

Fonte: elaborado pela autora (2022)

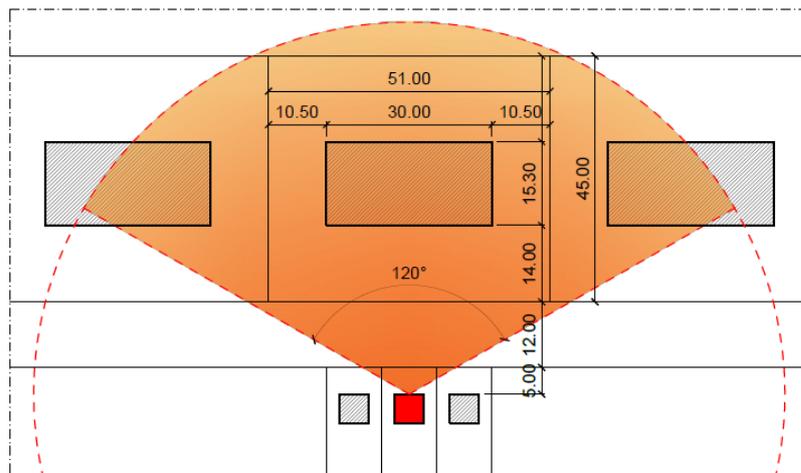
<sup>4</sup> O entorno imediato é aquele constituído de terrenos, edificações e vias adjacentes que se encontram dentro de um setor angular horizontal de 120°, conforme esquema da Figura 20, baseado nos estudos de Lima (2015).

Quadro 3 – Ângulos de obstrução com base na altura do entorno imediato

CÓDIGO	MR	O30	O45	O60
ÂNGULO DE OBSTRUÇÃO	Sem obstrução	30°	45°	60°
N° DE PAVIMENTOS	-	6	11	18
ALTURA APROXIMADA	-	19,00 m	32,00 m	55,00 m

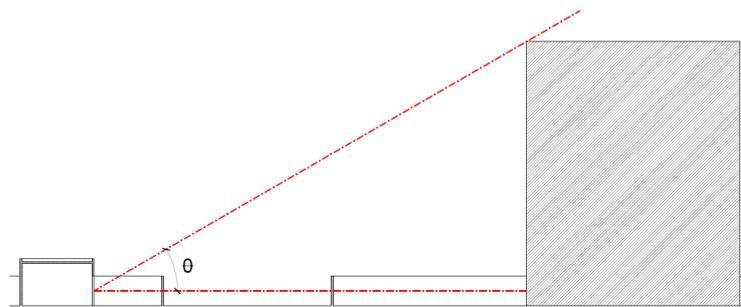
Fonte: elaborado pela autora (2022)

Figura 20 – Esquema, em planta baixa (sem escala), do entorno imediato do modelo base (em vermelho), circunscrito em um ângulo horizontal de 120°



Fonte: elaborado pela autora (2022)

Figura 21 – Corte (sem escala) do entorno imediato com representação do ângulo vertical ( $\Theta$ ) de obstrução medido a partir do centro da porta



Fonte: elaborado pela autora (2022)

### 3.2.2 Análise da influência da largura da porta de entrada

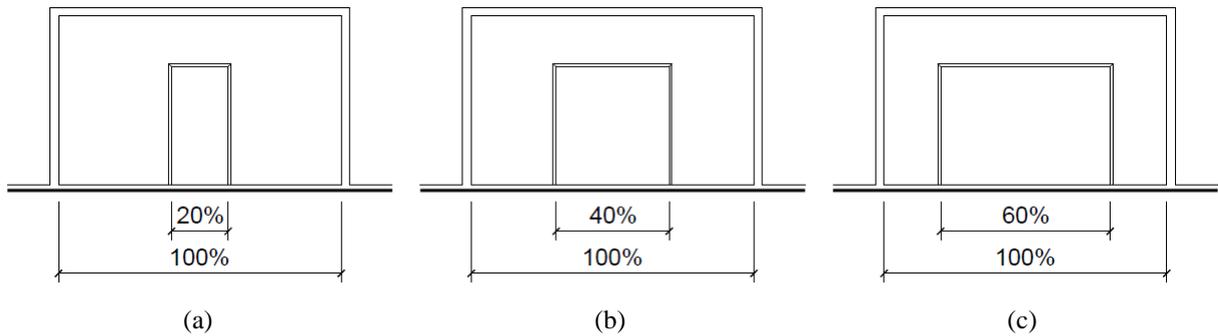
Nesta análise foram consideradas três larguras de porta diferentes, todas centralizadas no vão, conforme Quadro 4. É importante destacar que os três modelos de porta propostos possuem um sistema de abertura que possibilita a abertura total do vão da porta. A Figura 22 retrata a proporção entre a largura da abertura e a largura da parede onde a porta está inserida, e a Figura 23 representa o percentual de abertura das portas em relação à área dessa mesma parede.

Quadro 4 – Medidas da largura da porta de entrada centralizada no vão

CÓDIGO	MR	D1	D2
LARGURA DA PORTA	1,00 m	2,00 m	3,00 m
RELAÇÃO LARGURA DA ABERTURA/LARGURA DO VÃO	20%	40%	60%
RELAÇÃO ÁREA DA ABERTURA/ÁREA DO VÃO	14%	28%	42%

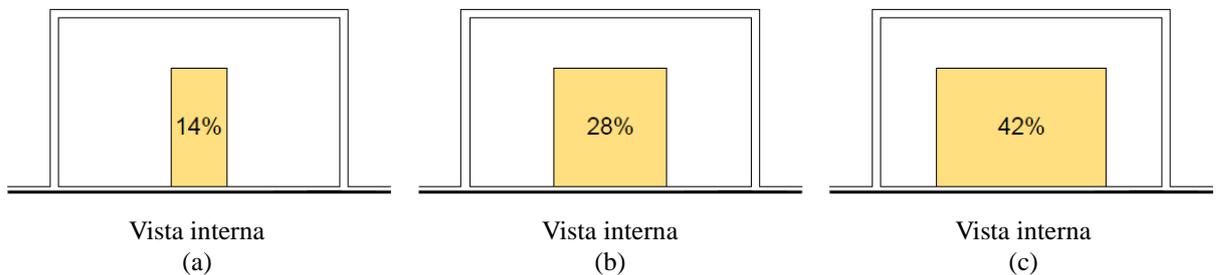
Fonte: elaborado pela autora (2022)

Figura 22 – Relação entre a largura da abertura e a largura da parede (%): (a) MR (20%); (b) D1 (40%); e (c) D2 (60%)



Fonte: elaborado pela autora (2022)

Figura 23 – Relação entre a área da abertura e a área da parede (%): (a) MR (14%); (b) D1 (28%); e (c) D2 (42%)



Fonte: elaborado pela autora (2022)

### 3.2.3 Análise da influência da posição da porta de entrada no ambiente

A avaliação da influência da posição da porta de entrada no vão da parede do ambiente foi realizada a partir do posicionamento da porta do MR de três maneiras diferentes: posição centralizada, posição intermediária e posição de canto, conforme representado no Quadro 5.

Quadro 5 – Posições da porta de entrada no vão da parede

CÓDIGO	MR	PI	PC
POSIÇÃO NO VÃO	Centralizada	Intermediária	De canto
<b>REPRESENTAÇÃO EM PLANTA BAIXA</b> (sem escala)			

Fonte: elaborado pela autora (2022)

### 3.2.4 Análise da influência do ângulo de abertura da porta de entrada

Para essa análise, utilizou-se a porta do MR centralizada no vão, e foram convencionadas as aberturas de 180°, 135°, 90° e 45°, de acordo com o Quadro 6. É importante ressaltar que a influência dessa variável depende diretamente da ação humana para o controle da entrada de luz natural no ambiente interno.

Quadro 6 – Ângulos de abertura da porta de entrada centralizada no vão da parede

CÓDIGO	MR	A135	A90	A45
ÂNGULO DE ABERTURA	180°	135°	90°	45°
<b>REPRESENTAÇÃO EM PLANTA BAIXA</b> (sem escala)				

Fonte: elaborado pela autora (2022)

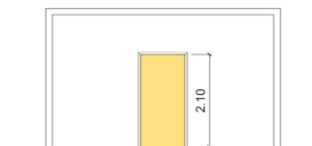
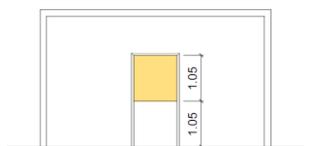
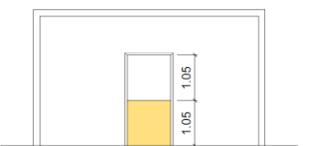
### 3.2.5 Análise da influência das diferentes possibilidades de abertura da porta holandesa

A análise desse parâmetro baseia-se nas possíveis variações de abertura da porta holandesa. Por ser dividida horizontalmente em duas seções independentes, a abertura dessas seções pode ser operada separadamente, o que significa que a parte superior pode ser aberta enquanto a parte inferior permanece fechada, ou vice-versa. Isso cria uma abertura parcial na porta, permitindo que a luz natural entre no ambiente de maneira controlada.

Para esse estudo, optou-se pelo uso do modelo de porta que se divide ao meio, na

posição horizontal, dividindo a estrutura da folha em duas partes iguais. Convencionou-se o emprego da porta de 1,00 m de largura e 2,10 m de altura (mesmas medidas da porta do MR), centralizada no vão. Dessa forma, cada parte da folha ficou com 1,05 m de altura. O ângulo de abertura considerado para essa avaliação foi de 180° (partes da porta totalmente abertas). O Quadro 7 ilustra os modelos adotados para as simulações.

Quadro 7 – Diferentes possibilidades de abertura da porta holandesa

CÓDIGO	MR	AS	AI
VÃO DE ABERTURA	Total	Superior	Inferior
REPRESENTAÇÃO EM VISTA (sem escala)			

Fonte: elaborado pela autora (2022)

### 3.2.6 Análise da influência das diferentes possibilidades de formato e distribuição das áreas envidraçadas da porta de entrada

Para essa análise foram definidos os modelos de porta disponíveis no Quadro 1, que apresenta variadas possibilidades de arranjo dos elementos envidraçados na folha da porta, com diferentes formatos e padrões de distribuição da superfície de vidro.

### 3.3 Definição dos parâmetros de simulação computacional

Para todas as simulações foram adotados os mesmos parâmetros de localização, tipo de céu, período do dia e do ano, pontos para aferição das iluminâncias, características do plano de trabalho e orientação.

De acordo com as características de localização e clima da cidade de Maceió, e considerando as possibilidades de céu oferecidas pelo programa TropLux, optou-se pelo emprego do céu de Distribuição Dinâmica de Luminâncias (DDL), que se baseia na probabilidade real de ocorrência dos tipos de céu.

Para a avaliação da disponibilidade de luz natural ao longo do dia, conforme as diferentes trajetórias solares no decorrer do ano, as avaliações foram realizadas para todos os dias do calendário anual, no período entre 7h30min e 16h30min (horário solar), totalizando 3.650 horas, como previsto na LM-83-12 (Illuminating Engineering Society of North America, 2012).

Para aferição dos índices de iluminância, determinou-se o uso da malha de pontos definida pela LM-83-12 (Illuminating Engineering Society of North America, 2012), que resultou em 81 pontos distribuídos em uma malha de 9 x 9.

A altura do plano de trabalho adotada para os processamentos está embasada na NBR 15575-1 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2021), que considera a distância de 0,75 m acima do nível do piso.

### **3.4 Determinação dos critérios de análise dos resultados**

Para alcançar o primeiro objetivo específico da pesquisa – verificar se o uso da porta de entrada para a provisão de luz natural no interior do ambiente atende às condições de conforto luminoso estabelecidas nas normas vigentes –, foram definidos os seguintes critérios de avaliação:

- (a) foi adotado o nível de desempenho superior, 120 lx, como limite mínimo para o iluminamento geral do ambiente da sala, com base nos parâmetros apresentados pela NBR 15575-1 (Quadro 8);
- (b) foram utilizadas a ALNe e a ESA como métricas de avaliação do desempenho;
- (c) para análise da ALNe, foram considerados os critérios estabelecidos pelo RTQ-R: autonomia de luz natural de 70% das horas de análise em pelo menos 70% da área do ambiente, quando não há proteção solar, e autonomia de luz natural de 70% das horas de análise em pelo menos 50% do espaço, quando o ambiente possui algum tipo de dispositivo de sombreamento; e pela LM-83-12, que categoriza a suficiência de luz natural do espaço, ao longo de 50% das horas diárias, de acordo com a porcentagem de área atingida pela iluminância mínima estabelecida (120 lx); e
- (d) para avaliar a ESA, optou-se por seguir o critério estabelecido pela LM-83-12, que propõe o valor limite de 1000 lx, durante o período máximo de 250 horas por ano, como aceitável para a radiação solar direta no interior do ambiente.

Quadro 8 – Níveis de iluminância geral para iluminação natural

DEPENDÊNCIA	Iluminamento geral para os níveis de desempenho (lx)		
	MÍNIMO	INTERMEDIÁRIO	SUPERIOR
Sala de estar, dormitório, copa/cozinha e área de serviço	≥ 60	≥ 90	≥ 120
Banheiro, corredor ou escada interna à unidade, corredor de uso comum (prédios), escadaria de uso comum (prédios), garagens/estacionamentos	Não requerido	≥ 30	≥ 45

**Fonte:** Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021) – Adaptado pela autora

Com o propósito de atingir o segundo objetivo específico – analisar a influência das diferentes configurações de abertura da porta de entrada na disponibilidade e distribuição da luz natural no interior do ambiente –, foram realizadas análises comparativas de desempenho de acordo com os seguintes critérios:

- (a) foram utilizadas a EMA, a UMA e a ALN como métricas de avaliação do desempenho;
- (b) para a análise da EMA, adotou-se a variação da EMA como métrica de comparação entre o desempenho dos modelos, sem apresentar valores de referência, conforme Equação 1:

$$\Delta \text{EMA} = \frac{(\text{EMA}_2 - \text{EMA}_1)}{\text{EMA}_1} \cdot 100\% \quad [\text{Eq. 1}]$$

Onde:

$\Delta \text{EMA}$  = Variação da EMA;

$\text{EMA}_1$  = EMA do modelo de referência (MR);

$\text{EMA}_2$  = EMA do modelo comparado.

- (c) a UMA foi avaliada da mesma forma que a EMA, adotando a sua variação como métrica de comparação entre o desempenho dos modelos, também sem apresentar valores de referência, conforme Equação 2:

$$\Delta \text{UMA} = \frac{(\text{UMA}_2 - \text{UMA}_1)}{\text{UMA}_1} \cdot 100\% \quad [\text{Eq. 2}]$$

Onde:

$\Delta \text{UMA}$  = Variação da UMA;

$\text{UMA}_1$  = UMA do modelo de referência (MR);

$\text{UMA}_2$  = UMA do modelo comparado.

(d) e para avaliação da ALN foi estipulada a mesma meta de iluminância natural utilizada para cumprir o primeiro objetivo específico, ou seja, esse indicador calculou o percentual de horas por ano que o ambiente atinge a meta de 120 lx.

Abaixo segue quadro resumo (Quadro 9) dos parâmetros e critérios de análise utilizados nas avaliações dos resultados obtidos com as simulações.

Quadro 9 – Parâmetros e critérios de análise utilizados nas avaliações dos resultados

INDICADOR DE DESEMPENHO	NORMATIVO	PARÂMETRO	CRITÉRIOS DE ANÁLISE
<b>EMA</b> – Iluminância Média Anual	-	$\Delta$ EMA	Análise comparativa
<b>UMA</b> – Uniformidade Média Anual	-	$\Delta$ UMA	Análise comparativa
<b>ALN</b> – Autonomia de Luz Natural	NBR 15575-1	120 lx	Análise comparativa
<b>ALNe</b> – Autonomia de Luz Natural Espacial	NBR 15575-1	120 lx	Análise de desempenho
	LM-83-12	50% das horas	
	RTQ-R	70% das horas em 70% da área 70% das horas em 50% da área	
<b>ESA</b> – Exposição Solar Anual	LM-83-12	1.000 lx 250 horas/ano	Análise de desempenho

**Fonte:** elaborado pela autora (2023)

## **4 RESULTADOS E ANÁLISES**

Neste capítulo são apresentados (através de gráficos) e analisados os resultados obtidos (Apêndice A) através das simulações computacionais de todos os cenários propostos, para avaliar o uso da porta de entrada no aproveitamento da luz natural do modelo de ambiente residencial desenvolvido para a pesquisa, no contexto da cidade de Maceió/AL.

Com base nos resultados, foi possível investigar se a utilização da porta de entrada como fonte de luz natural no interior do ambiente está em conformidade com as condições de conforto luminoso definidas pelas normas atuais, e avaliar como as diferentes configurações de abertura desse elemento afetam a quantidade e a distribuição da luz natural dentro desse espaço específico.

Para auxiliar as análises, optou-se por dividir o capítulo em seis seções, organizadas de acordo com as variáveis estudadas.

Nos gráficos da ALNe, as barras verticais representam os parâmetros de estudo, cujas variáveis são diferenciadas pela cor, e as linhas horizontais indicam a classificação do cenário quanto à suficiência de luz natural de acordo com a LM-83-12, e se o modelo atingiu a bonificação conforme os critérios do RTQ-R. Nos gráficos da ESA, as barras verticais representam as diferentes configurações do parâmetro por cor, e as linhas horizontais retratam a classificação do cenário quanto à exposição solar anual, conforme a LM-83-12. Os demais gráficos apresentam apenas os resultados obtidos em lux para a EMA e em percentuais para a UMA e a ALN.

Ao final de cada seção foi apresentado um quadro resumo dos resultados obtidos para cada cenário proposto, de acordo com a métrica avaliada.

### **4.1 Análise da influência da presença de elementos externos**

Nesta seção são apresentados e analisados os resultados referentes aos cenários que têm o seu desempenho luminoso influenciado pela projeção da cobertura e pelo ângulo de obstrução do entorno imediato.

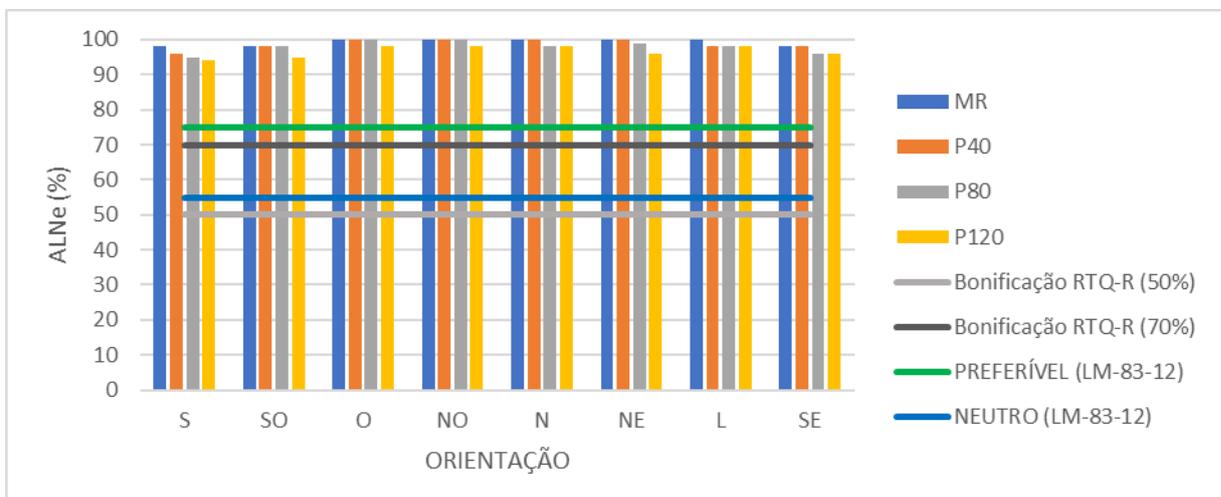
#### 4.1.1 No atendimento às normas vigentes

##### *Influência da projeção da cobertura*

De acordo com o Gráfico 1, a autonomia de luz natural espacial ficou acima de 70% em todos os cenários propostos. Esse resultado indica que, para todas as situações, as iluminâncias atingiram o valor mínimo de 120 lx em mais de 70% das horas simuladas em mais de 70% da área do ambiente, tanto para o ambiente sem proteção solar (MR) quanto para aqueles com proteção contra os raios solares. Ou seja, os pré-requisitos de bonificação que favorecem a diminuição do gasto energético e aumentam a eficiência das unidades habitacionais, nesse caso, foram atendidos. De acordo com a LM-83-12, o espaço em análise é classificado como preferível (favorável) em relação à autonomia de luz natural espacial, pois atingiu a iluminância de 120 lx em mais de 75% da área, em pelo menos 50% das horas diárias em um ano.

Observa-se também que, à medida que a projeção aumenta, a ALNe diminui. Mas a variação é discreta, demonstrando que essa variável não interfere na autonomia de luz natural do espaço. É importante destacar que esses resultados estão vinculados à elevada disponibilidade de luz natural da cidade de Maceió, típica das regiões tropicais; e que o ambiente em análise não requer níveis elevados de iluminância para garantia de uma iluminação adequada. Além disso, aspectos como a proporção entre as dimensões da abertura e a profundidade do ambiente, bem como a ausência de obstruções externas, impactam nesses resultados.

Gráfico 1 – Autonomia de Luz Natural Espacial para análise da influência da projeção do beiral



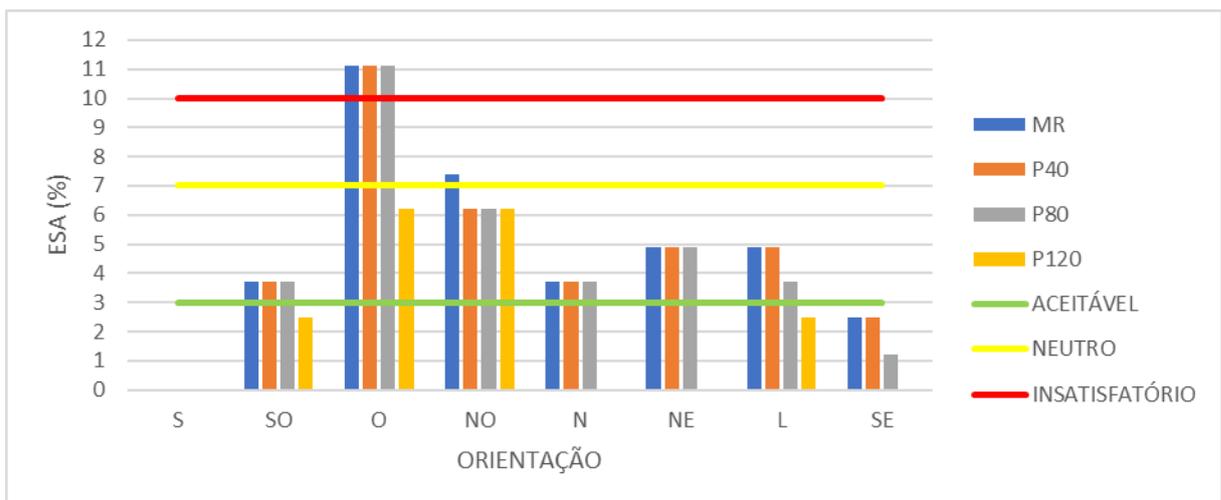
Fonte: elaborado pela autora (2023)

Com relação à exposição solar anual, o Gráfico 2 revela que, para as orientações Sul e Sudeste, o beiral (ou a falta dele) não interfere nas condições de potencial desconforto visual gerado pela incidência direta dos raios solares no plano de trabalho, ou seja, para esses cenários os níveis de ESA são aceitáveis segundo a LM-83-12, mantendo-se abaixo de 3%. Isso se deve ao fato de que a trajetória solar aparente contribui para uma menor penetração da luz solar direta no ambiente para essas orientações.

Verificou-se que quando a abertura está situada na orientação Oeste, na maioria dos modelos ocorre uma maior penetração dos raios solares, contribuindo para condições insatisfatórias de exposição direta aos raios solares. Somente o beiral com 1,20 m de projeção está fora dessa faixa, apresentando condições neutras de radiação solar direta no ambiente. Para as demais orientações, os cenários são classificados como neutros em sua grande maioria, ficando abaixo de 7% (Gráfico 2).

De acordo com os resultados, depreende-se que a orientação da abertura tem alta sensibilidade quanto à métrica ESA. Nesse sentido, é importante pontuar que se deve evitar aberturas orientadas para o Oeste, e quando localizadas nas demais orientações, com exceção de Sul e Sudeste, atentar para o correto dimensionamento da projeção do beiral, no intuito de preservar o ambiente interno dos raios solares diretos.

Gráfico 2 – Exposição Solar Anual para análise da influência da projeção do beiral



Fonte: elaborado pela autora (2023)

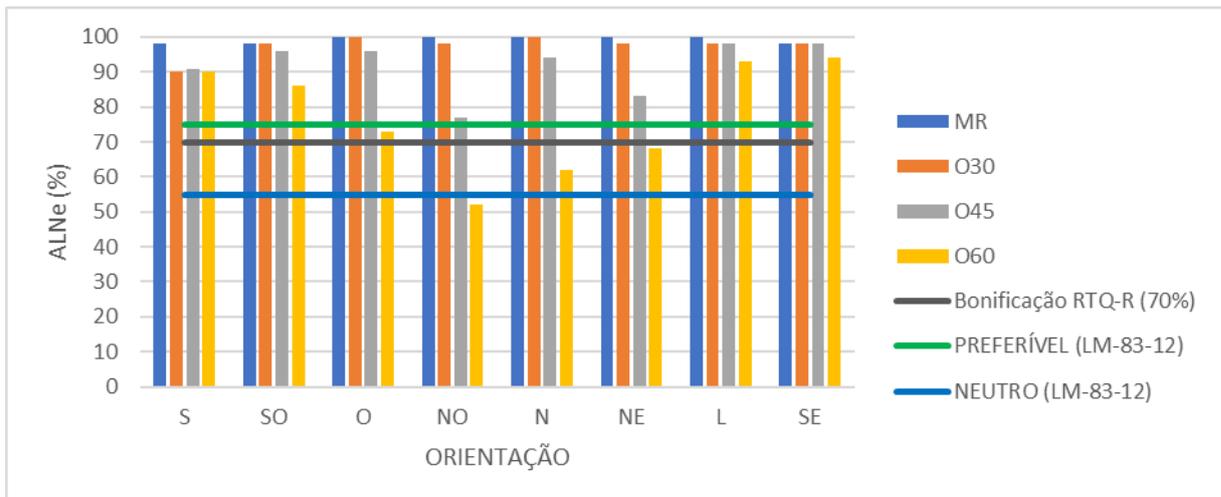
#### *Influência do ângulo de obstrução com base na altura do entorno imediato*

Para análise da influência do ângulo de obstrução do entorno imediato, o Gráfico 3 demonstra que quanto maior é o ângulo de obstrução, menor a autonomia de luz

natural espacial, apesar da redução ser discreta entre o MR e os modelos O30 e O45 na maioria das orientações.

No caso dessa variável, em que todos os modelos não possuem proteção contra o sol, a área de autonomia da luz natural deve ser igual ou superior a 70% para obtenção da bonificação do RTQ-R. Apenas os modelos com ângulo de obstrução de 60°, que corresponde a obstruções de aproximadamente 55 m de altura (18 andares), não alcançaram a meta do RTQ-R para as orientações Noroeste, Norte e Nordeste. Em relação à LM-83-12, a ALNe é preferível em todas as orientações para os modelos MR, O30 e O45. Somente para o modelo O60, ela variou entre preferível e neutra, com exceção da orientação Noroeste, que não atingiu um percentual aceitável. Entende-se, com esses resultados, que, para regiões onde o gabarito das construções é alto, o posicionamento da porta nessas fachadas pode ser prejudicial do ponto de vista da suficiência de luz natural.

Gráfico 3 – Autonomia de Luz Natural Espacial para análise da influência do entorno imediato



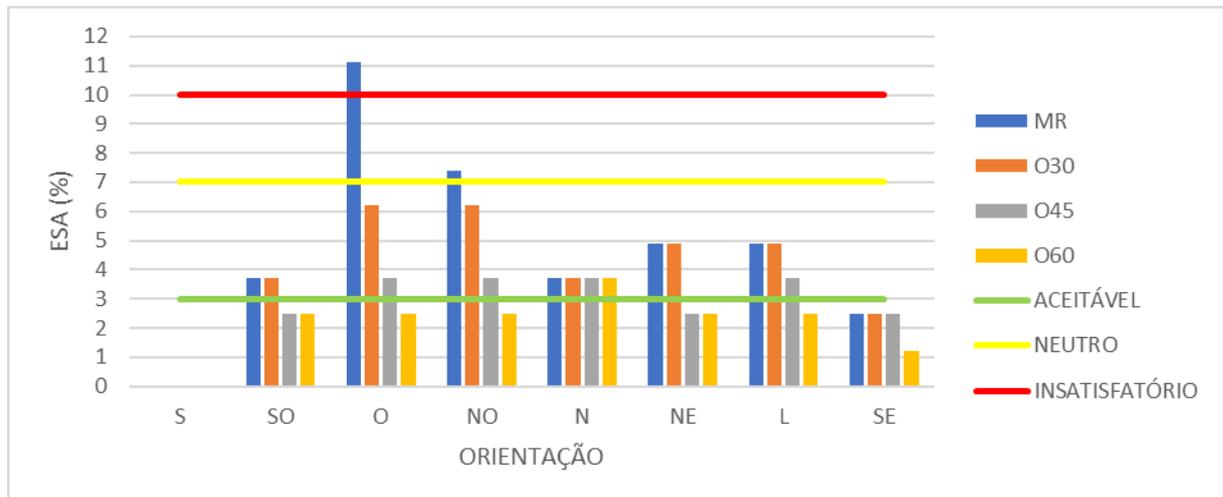
Fonte: elaborado pela autora (2023)

Na análise do potencial desconforto visual gerado pela incidência direta da radiação solar, observa-se, através do Gráfico 4, que quanto maior for a altura da obstrução, menor a possibilidade de exposição aos raios diretos do sol. Dependendo da orientação, ângulos de obstrução entre 30° e 45° podem resultar em uma exposição neutra ou aceitável. A partir de 60°, a ESA é aceitável praticamente em todas as orientações, com exceção da fachada Norte.

Os resultados também revelam que quando a porta de entrada está localizada nas fachadas Sul e Sudeste, a diferença de altura das edificações do entorno imediato não interfere nas condições de conforto visual. Nesses cenários, os níveis de ESA não alcançam os 3% aceitáveis pela LM-83-12. Em contrapartida, a situação mais incômoda ocorreu quando a

abertura estava situada na orientação Oeste, em que o MR apresentou condições insatisfatórias de exposição direta aos raios solares.

Gráfico 4 – Exposição Solar Anual para análise da influência do entorno imediato



Fonte: elaborado pela autora (2023)

#### 4.1.2 Na disponibilidade e distribuição da luz natural

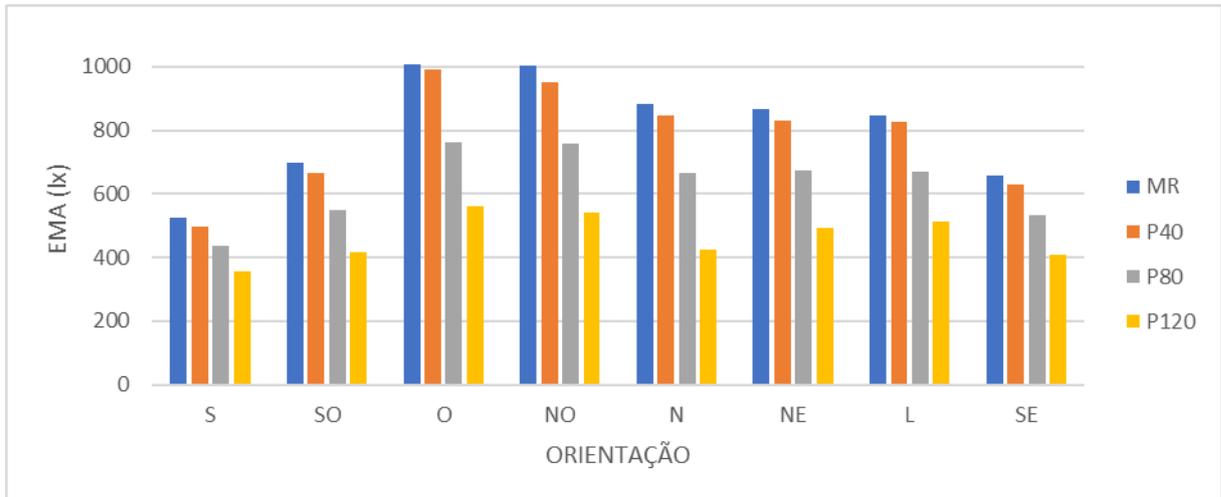
##### *Influência da projeção da cobertura*

Ao analisar a influência da dimensão da projeção do beiral do telhado na quantidade de luz disponível no interior do ambiente, observa-se, a partir do Gráfico 5, como esperado, que à medida que se aumenta o tamanho da proteção, os valores de iluminância caem, independente da orientação. Os resultados mostram que essa variação pode ultrapassar os 50 pontos percentuais, ao se comparar o MR, sem proteção, com o modelo P120 com abertura orientada a Norte.

Um beiral de 0,40 m de projeção (P40) pode representar uma redução discreta na iluminância média global de até aproximadamente 6%. Dobrando-se o valor da projeção (P80), a provisão de luz natural no interior do ambiente pode diminuir em torno de 25%, dependendo da orientação da abertura. E quando a proteção alcança 1,20 m de projeção (P120), essa redução pode variar entre 33% e 52%.

Quanto à distribuição da luz natural no ambiente, o Gráfico 6 revela que conforme a projeção aumenta, e conseqüentemente os valores das iluminâncias diminuem (baseando-se no comportamento da EMA apresentado anteriormente), a luz natural distribui-se mais uniformemente no interior do ambiente simulado, ou seja, beirais mais proeminentes contribuem para uma maior uniformidade da iluminação natural.

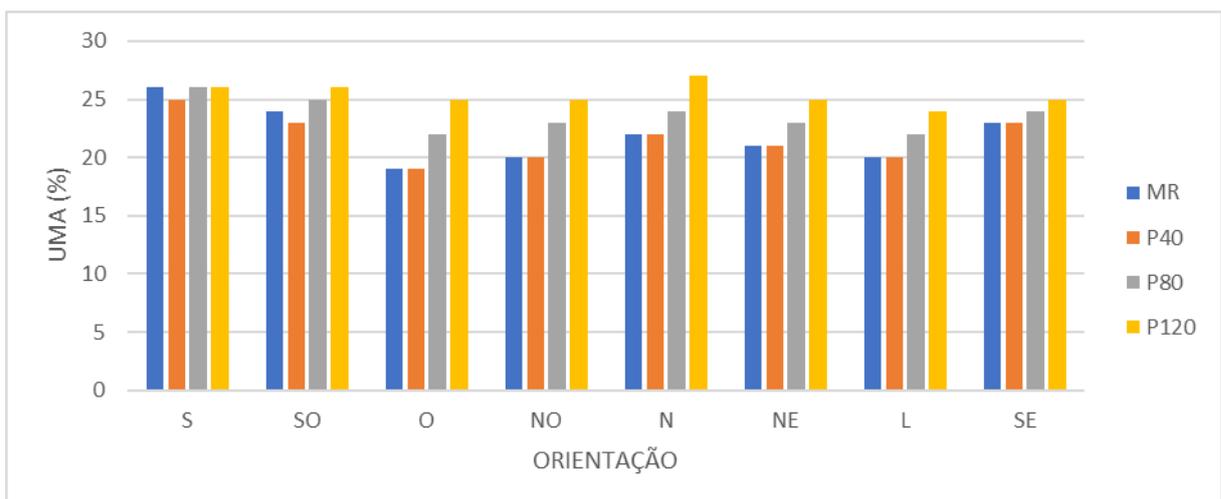
Gráfico 5 – Iluminância Média Anual para análise da influência da projeção do beiral



Fonte: elaborado pela autora (2023)

Os resultados também demonstram que um beiral de 0,40 m (P40) não influencia significativamente na UMA, visto que para a maioria das orientações simuladas ela se mantém constante quando comparada ao modelo de referência, que não possui beiral. Quando a proteção utilizada é a de 0,80 m (P80), a uniformidade pode sofrer um acréscimo de até 15% para as orientações Oeste e Noroeste. Com relação à projeção de 1,20 m, os incrementos nos percentuais são mais significativos, podendo ficar acima de 30% quando comparados ao MR.

Gráfico 6 – Uniformidade Média Anual para análise da influência da projeção do beiral



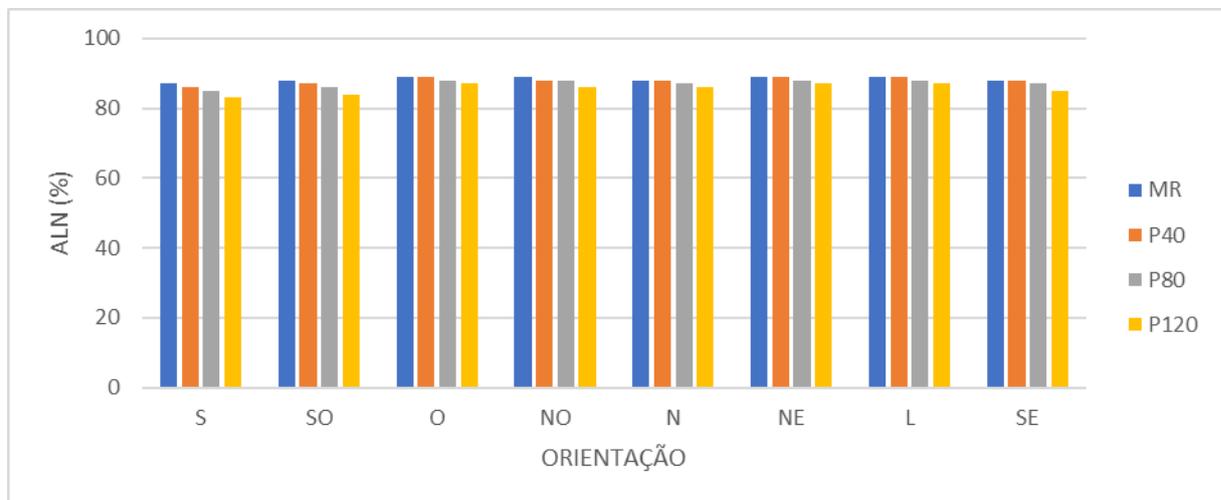
Fonte: elaborado pela autora (2023)

De acordo com o Gráfico 7, a orientação pouco interfere na avaliação da autonomia de luz natural do ambiente. A maior variação percentual apresenta-se para os cenários dos modelos P80 e P120, que não ultrapassou 4%. O aumento da projeção do beiral

também representou uma redução discreta nos percentuais, variando em torno de 1% entre os modelos.

Para todos os cenários, a ALN ficou acima de 83% (com máxima de 89%), isto é, o ambiente atingiu a meta de 120 lx em mais de 83% das horas anuais simuladas para cada situação proposta. Tal resultado está relacionado com a abundância de luz natural característica das regiões de clima tropical quente úmido, associada à exigência relativamente baixa de níveis de iluminância necessários para assegurar uma iluminação natural adequada em uma sala residencial.

Gráfico 7 – Autonomia de Luz Natural para análise da influência da projeção do beiral



Fonte: elaborado pela autora (2023)

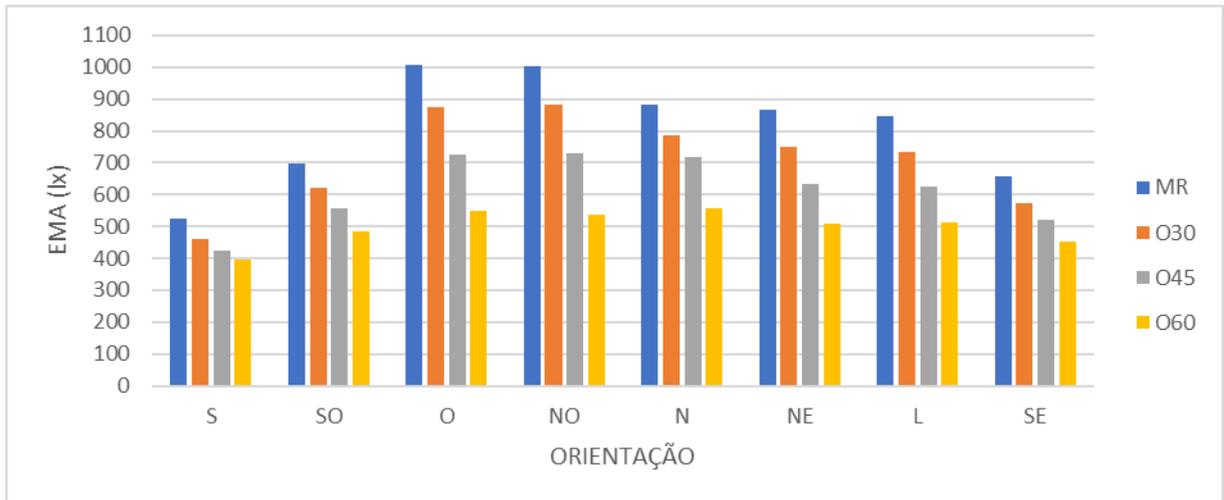
#### *Influência do ângulo de obstrução com base na altura do entorno imediato*

Ao considerar diferentes alturas de obstrução provenientes de elementos externos do entorno imediato, percebe-se que quanto mais alta for a barreira situada em frente ao modelo, menores serão os valores das iluminâncias no ambiente simulado, conforme Gráfico 8. Isso acontece devido à redução da parcela de radiação direta decorrente do aumento da altura das edificações adjacentes. Dessa forma, a contribuição da parcela refletida torna-se mais expressiva, influenciada pela capacidade das superfícies em refletir a luz.

Um obstáculo que corresponde a um prédio de seis andares (aproximadamente 19,00 m de altura) e gera um ângulo de obstrução de 30° (O30) pode diminuir em torno de 12% os valores das iluminâncias globais em relação a um cenário sem obstrução. Quando se eleva o ângulo de obstrução para 45° (O45) (o equivalente a um edifício de 11 pavimentos e 32,00 m de altura aproximadamente), essa redução pode variar entre 19% e 28%, dependendo da orientação da abertura na fachada. Para o caso de uma barreira com cerca de 55,00 m de

altura (18 andares), que representa um ângulo de obstrução de 60° (O60), o Gráfico 8 demonstra que essa variação na redução dos valores das iluminâncias globais pode ser ainda maior, ficando entre 24% e 47%, para as orientações Sul e Noroeste, respectivamente.

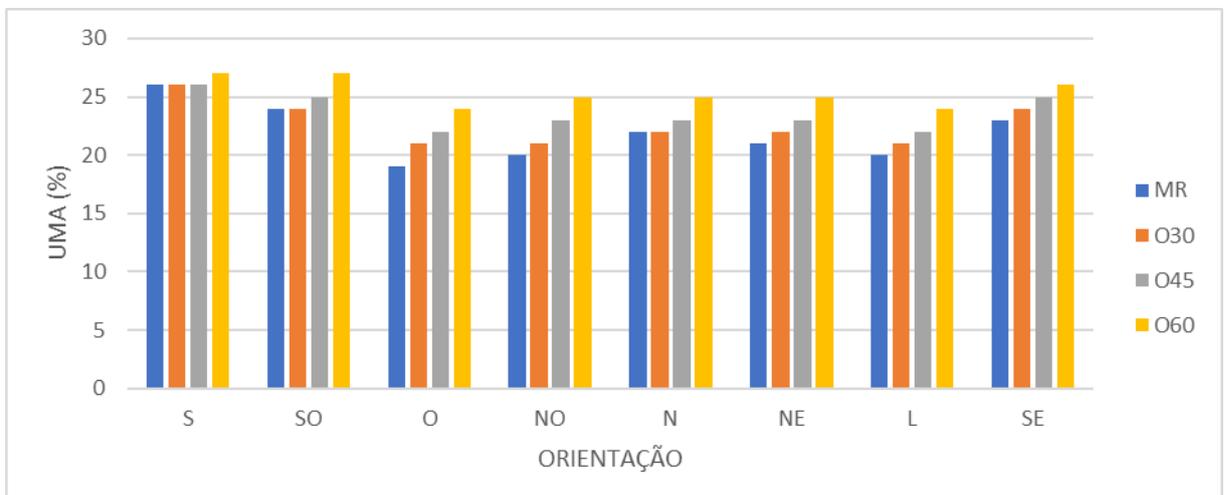
Gráfico 8 – Iluminância Média Anual para análise da influência do entorno imediato



Fonte: elaborado pela autora (2023)

De acordo com os resultados obtidos no Gráfico 9, observa-se que, ao passo que se eleva a altura da obstrução e, conseqüentemente, a EMA cai, a uniformidade média anual tende a aumentar. Esse comportamento está relacionado com o decréscimo acentuado das iluminâncias provenientes da componente direta. Quando a luz incide sobre as superfícies em um ambiente menos iluminado, há menos reflexões; portanto, há uma redução no contraste entre as áreas mais iluminadas e as áreas mais sombreadas, resultando em maior uniformidade.

Gráfico 9 – Uniformidade Média Anual para análise da influência do entorno imediato

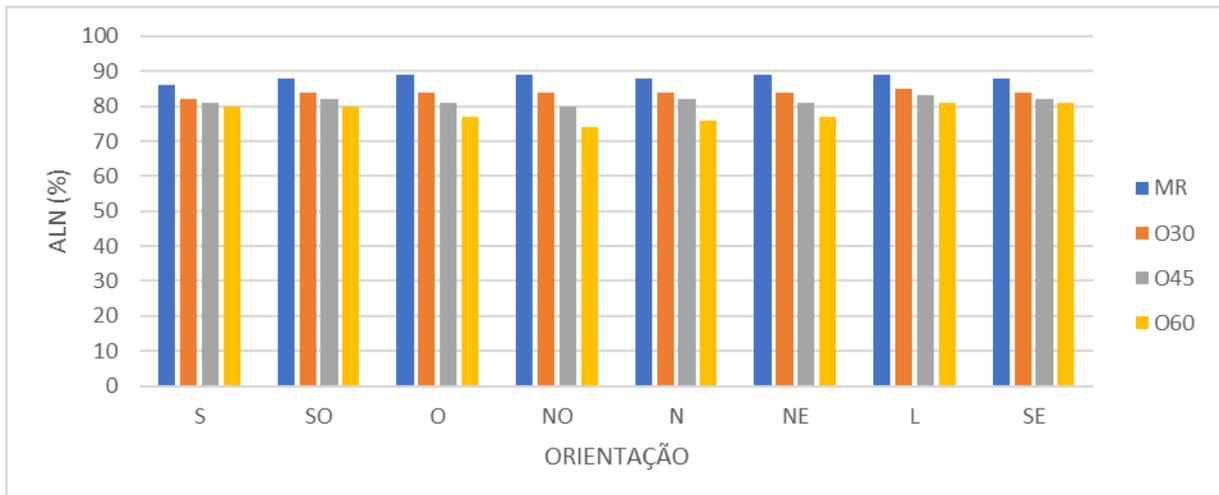


Fonte: elaborado pela autora (2023)

Quando se tem um ângulo de obstrução de 30° (O30), a UMA cresce em torno de 5% em relação ao MR. Para o modelo O45, esse acréscimo varia entre 4% e 15%. No entanto, as maiores variações da uniformidade média anual foram obtidas para o modelo O60: entre 4% e 26%, dependendo da orientação da abertura na fachada.

Conforme o Gráfico 10, obstruções mais altas garantem menos autonomia de luz natural aos espaços internos. Os resultados também revelam que a orientação pouco interfere na avaliação da ALN do ambiente, que variou entre 2 e 8%. Entre os modelos, a variação do percentual de horas anuais em que o ambiente alcançou a meta de 120 lx foi um pouco mais expressiva, oscilando entre 8 e 17%, ou seja, edificações que geram ângulos de obstrução de até 60° podem reduzir em até 17% a ALN de um determinado espaço.

Gráfico 10 – Autonomia de Luz Natural para análise da influência do entorno imediato



Fonte: elaborado pela autora (2023)

O menor resultado para a ALN foi registrado para o modelo O60 na orientação Noroeste: sob essa orientação e com uma obstrução de aproximadamente 55 m de altura, 74% das horas anuais simuladas atingiram 120 lx de iluminamento. Os maiores resultados encontrados foram para o MR, que oscilaram entre 87 e 89% das horas processadas em um ano. Mais uma vez, o céu tropical e a baixa necessidade de iluminância exigida para garantir uma iluminação natural satisfatória para ambientes residenciais podem justificar percentuais de autonomia de luz natural elevados.

Segue quadro resumo (Quadro 10) dos resultados obtidos para o parâmetro **presença de elementos externos**:

Quadro 10 – Resumo dos resultados obtidos para o parâmetro: presença de elementos externos

MODELO		INDICADOR DE DESEMPENHO						
		ALNe (%)		ESA (%)	EMA (lx)	UMA (%)	ALN (%)	
PROTEÇÃO	MR	LM-83-12	Preferível	Predominantemente neutra; aceitável em S e SE; insatisfatória em O	525 < EMA < 1007	19 < UMA < 26	87 < ALN < 89	
		RTQ-R	≥ 70%					
	P40	LM-83-12	Preferível	Predominantemente neutra; aceitável em S e SE; insatisfatória em O	495 < EMA < 990	19 < UMA < 25	86 < ALN < 89	
		RTQ-R	≥ 50%					
	P80	LM-83-12	Preferível	Predominantemente neutra; aceitável em S e SE; insatisfatória em O	435 < EMA < 761	22 < UMA < 26	85 < ALN < 89	
		RTQ-R	≥ 50%					
	P120	LM-83-12	Preferível	Predominantemente aceitável; neutra em O e NO	354 < EMA < 560	24 < UMA < 27	83 < ALN < 87	
		RTQ-R	≥ 50%					
	ENTORNO	MR	LM-83-12	Preferível	Predominantemente neutra; aceitável em S e SE; insatisfatória em O	525 < EMA < 1007	19 < UMA < 26	87 < ALN < 89
			RTQ-R	≥ 70%				
O30		LM-83-12	Preferível	Predominantemente neutra; aceitável em S e SE	462 < EMA < 874	21 < UMA < 26	82 < ALN < 85	
		RTQ-R	≥ 70%					
O45		LM-83-12	Preferível	Variável entre aceitável e neutra	425 < EMA < 729	22 < UMA < 26	80 < ALN < 83	
		RTQ-R	≥ 70%					
O60		LM-83-12	Preferível em S, SO, L e SE; neutra em O, NO e NE	Predominantemente aceitável; neutra em N	397 < EMA < 558	24 < UMA < 27	74 < ALN < 81	
		RTQ-R	≥ 70% (exceto NO, N e NE)					

Fonte: elaborado pela autora (2023)

## 4.2 Análise da influência da largura da porta de entrada

Nesta seção são apresentados e analisados os resultados referentes aos cenários que têm o seu desempenho luminoso influenciado pela largura da porta de entrada.

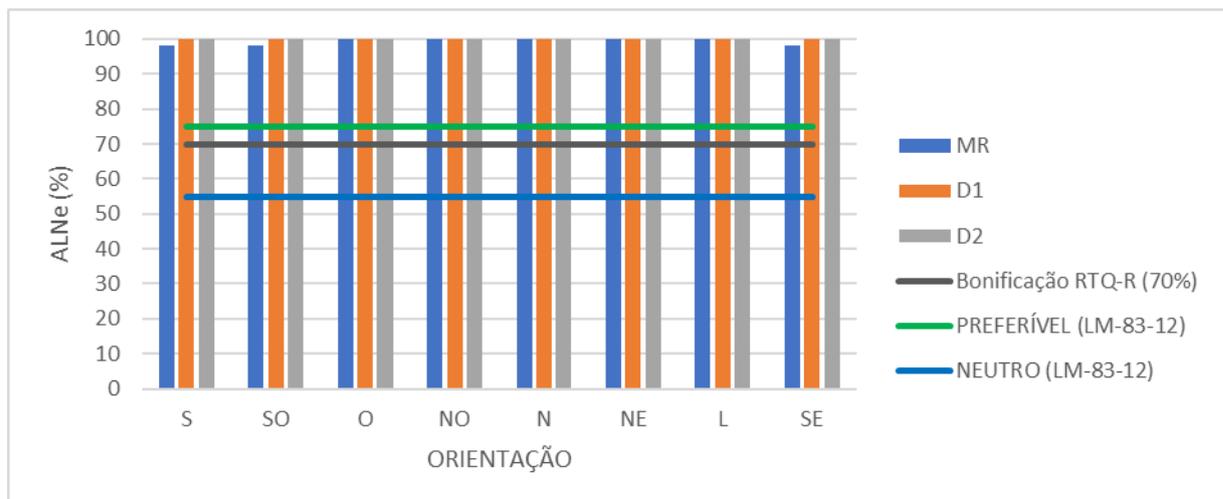
### 4.2.1 No atendimento às normas vigentes

Para este e os demais grupos de análise das variáveis subsequentes, foi levado em conta apenas o critério do RTQ-R, que estabelece uma autonomia de luz natural espacial de 70%, considerando que se convencionou que os modelos não possuem qualquer tipo de proteção solar.

Apesar de quase imperceptível, o Gráfico 11 mostra que aumentar a largura da abertura significa aumentar o percentual da área do ambiente em que o valor mínimo de iluminância predeterminado consegue ser mantido apenas com luz natural.

Para a maioria dos cenários simulados, 100% da área do ambiente atingiu a meta de iluminância natural de 120 lx para pelo menos 70% das horas do dia no intervalo de um ano, garantindo a bonificação estipulada pelo RTQ-R. Quanto aos critérios da LM-83-12, a suficiência de luz natural do espaço é classificada como preferível para todos os cenários simulados, que ficou acima de 75%. Essa elevada porcentagem pode ser justificada pela abundante disponibilidade de luz natural característica dos trópicos, em conjunto com a inexistência de dispositivos de proteção solar e de obstruções externas. Vale salientar que as características de uso do ambiente também exigem iluminâncias relativamente baixas, contribuindo para os altos índices.

Gráfico 11 – Autonomia de Luz Natural Espacial para análise da influência da largura da porta



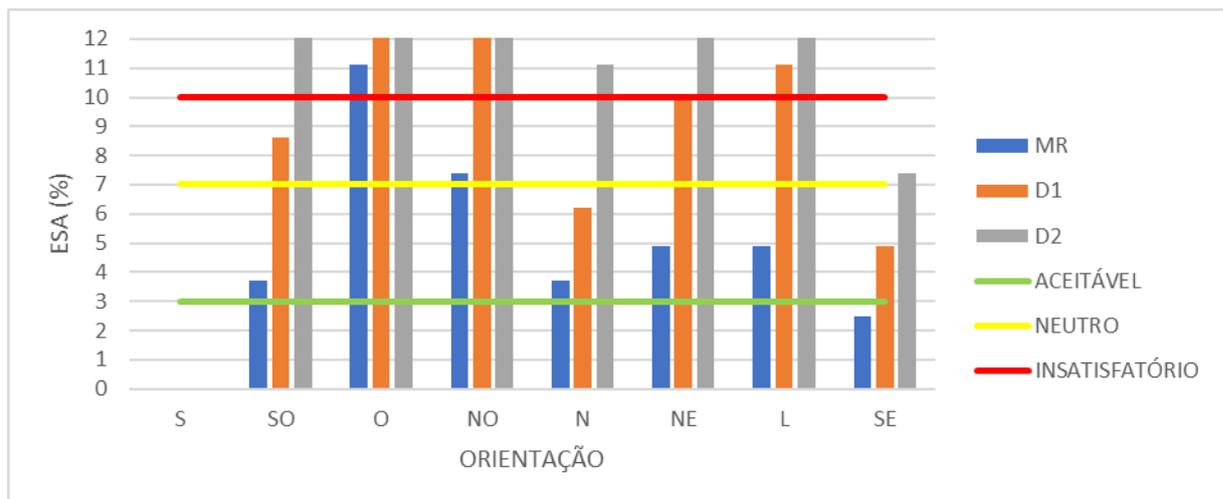
Fonte: elaborado pela autora (2023)

Observando-se o Gráfico 12, percebe-se que o aumento na largura sempre vai elevar os níveis de exposição solar da porta de entrada, com exceção do cenário em que a abertura se encontra orientada para o Sul, resultado que pode ser justificado mais uma vez pela trajetória aparente do sol, que contribui para uma menor penetração da luz solar direta no ambiente para essa orientação. Nesse caso, a ESA se mostrou aceitável para os três cenários propostos. Já quando a abertura está orientada para o Oeste, independente do modelo, a ESA mostrou-se insatisfatória, pois os índices de exposição ficaram acima de 10%. Tais resultados implicam dizer que é preferível não orientar a porta de entrada para a fachada Oeste, dando preferência à fachada Sul.

De acordo com o Gráfico 12, para o modelo D1, de 2,00 m de largura, os resultados apontam para uma situação de exposição neutra para o caso de a abertura estar situada nas orientações Norte e Sudeste. Para as demais orientações, os resultados obtidos expõem condições classificadas como insatisfatórias em relação ao desempenho luminoso relativo à ESA. Já para o modelo D2, que representa uma porta de entrada com 3,00 m de largura, os níveis de conforto visual decorrentes da incidência direta dos raios solares são insatisfatórios praticamente para todas as orientações (com exceção das orientações Sul e Sudeste).

Diante desses resultados é importante mencionar que aberturas muito largas devem possuir algum tipo de proteção contra a radiação solar, seja ele um dispositivo de sombreamento (interno ou externo) ou algum outro elemento de obstrução externa que assegure proteção contra a exposição direta aos raios solares.

Gráfico 12 – Exposição Solar Anual para análise da influência da largura da porta



Fonte: elaborado pela autora (2023)

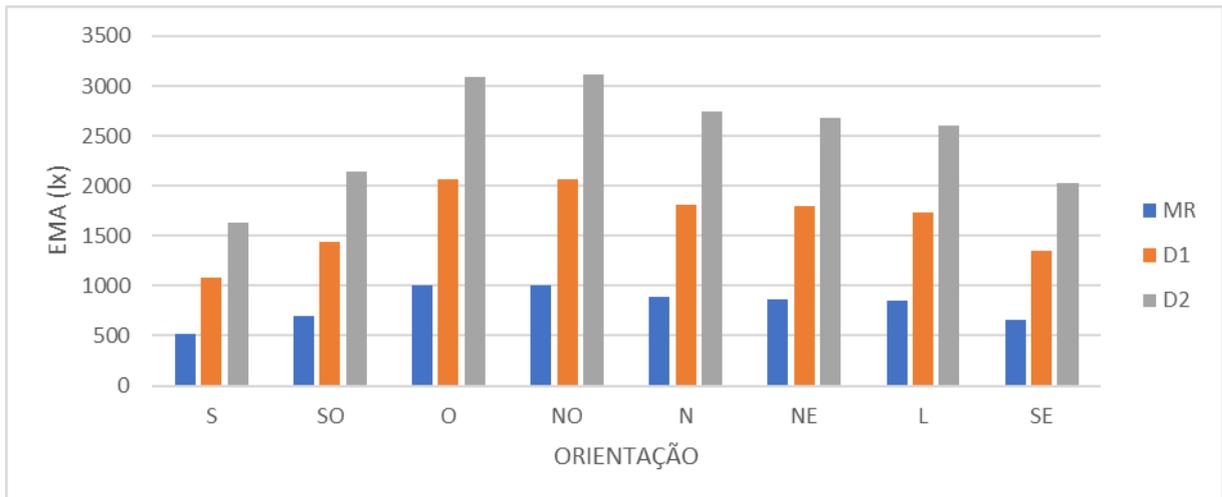
#### 4.2.2 Na disponibilidade e distribuição da luz natural

Como previsto, à medida que se aumenta a largura da abertura, os valores das iluminâncias também aumentam para todas as orientações simuladas. Percebe-se, através do Gráfico 13, que ao dobrar a largura da abertura, do MR para o modelo D1, em que a porta passa de 1,00 m para 2,00 m, os valores das iluminâncias ultrapassam em 100% os valores de referência, ou seja, a provisão de luz natural mais que duplica. O mesmo acontece quando se triplica esse valor (D2): os resultados obtidos ficam acima de 200% de incremento.

Sendo assim, é importante direcionar a atenção para cenários em que o

iluminamento pode exceder os 3.000 lx, limite de iluminância que se ultrapassado pode contribuir para situações de desconforto térmico e/ou visual, como o aumento da probabilidade de ocorrência de ofuscamento, por exemplo. O Gráfico 13 apresenta valores acima desse limite quando a largura da abertura possui 3,00 m, nas orientações Oeste e Noroeste.

Gráfico 13 – Iluminância Média Anual para análise da influência da largura da porta

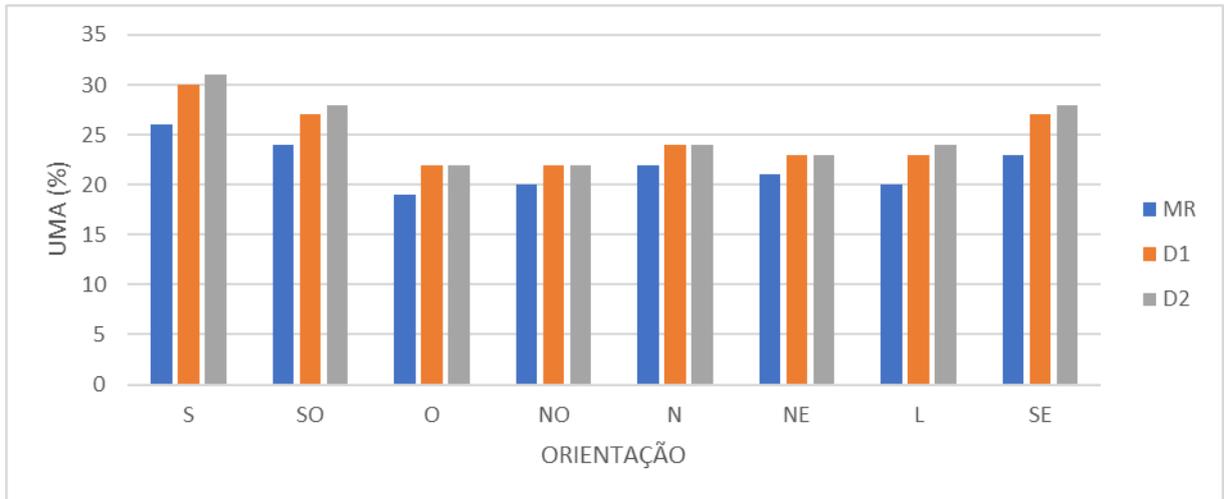


Fonte: elaborado pela autora (2023)

Em relação à uniformidade média anual, observa-se que ao se duplicar a largura da abertura, a UMA pode sofrer um aumento de até 15%. No entanto, o mesmo não acontece para a maioria dos cenários em que a largura corresponde a três vezes a dimensão de referência (1,00 m): através do Gráfico 14 é possível verificar que metade dos resultados dos incrementos do modelo D1 se equiparam aos do modelo D2. Com isso, pode-se inferir que, até determinado ponto, aumentar a largura do vão da abertura não vai mais influenciar na obtenção de níveis mais elevados de uniformidade. Em outras palavras, o incremento no iluminamento de um ambiente pode contribuir para o aumento da uniformidade até certo ponto, o que demonstra que essa relação nem sempre é linear.

Segundo o Gráfico 15, a orientação não interfere nos resultados da ALN, que se mantém constantes. Mas aumentar a largura implica em percentuais mais elevados da autonomia de luz natural. Dobrar a dimensão da largura da porta de entrada incrementou a ALN em aproximadamente 7%, e triplicar contribuiu para um aumento de 10%.

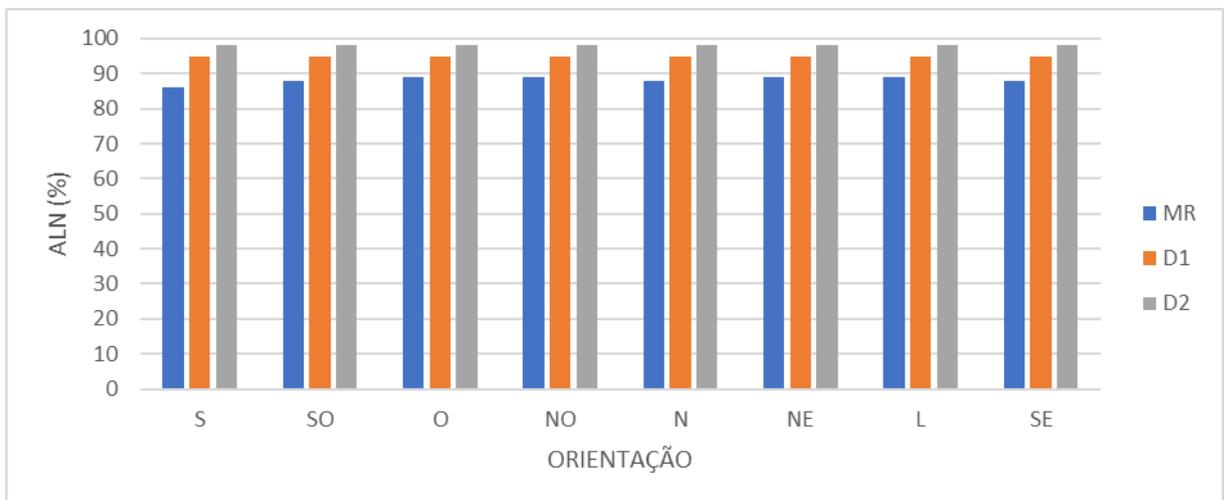
Gráfico 14 – Uniformidade Média Anual para análise da influência da largura da porta



Fonte: elaborado pela autora (2023)

Os resultados apontam que o modelo de referência (MR) atingiu a meta de iluminação natural de 120 lx em aproximadamente 90% das horas diárias simuladas em um ano; e que os modelos D1 e D2 alcançaram o valor predeterminado em 95% e 98% das horas processadas, respectivamente.

Gráfico 15 – Autonomia de Luz Natural para análise da influência da largura da porta



Fonte: elaborado pela autora (2023)

Segue quadro resumo (Quadro 11) dos resultados obtidos para o parâmetro **largura da porta**:

Quadro 11 – Resumo dos resultados obtidos para o parâmetro: largura da porta

MODELO	INDICADOR DE DESEMPENHO					
	ALNe (%)		ESA (%)	EMA (lx)	UMA (%)	ALN (%)
MR	LM-83-12	Preferível	Predominantemente neutra; aceitável em S e SE; insatisfatória em O	525 < EMA < 1007	19 < UMA < 26	87 < ALN < 89
	RTQ-R	≥ 70%				
D1	LM-83-12	Preferível	Variável entre neutra e insatisfatória; aceitável em S	1087 < EMA < 2064	22 < UMA < 30	95
	RTQ-R	≥ 70%				
D2	LM-83-12	Preferível	Predominantemente insatisfatória; aceitável em S	1632 < EMA < 3109	22 < UMA < 31	98
	RTQ-R	≥ 70%				

Fonte: elaborado pela autora (2023)

### 4.3 Análise da influência da posição da porta de entrada no ambiente

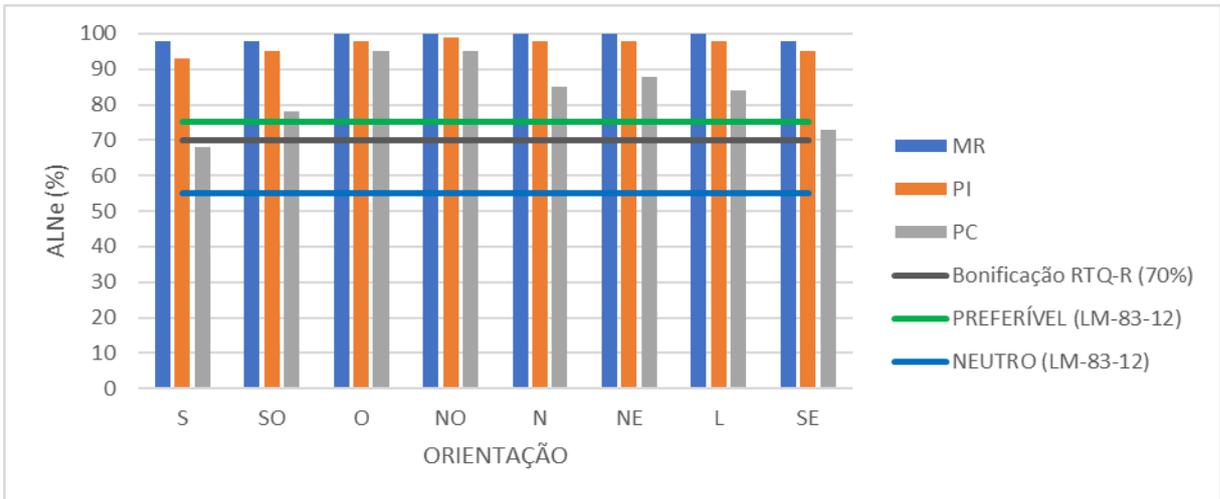
Nesta seção são apresentados e analisados os resultados referentes aos cenários que têm o seu desempenho luminoso influenciado pelo posicionamento da porta de entrada no ambiente.

#### 4.3.1 No atendimento às normas vigentes

Deslocar a abertura da porta de entrada em direção a uma das extremidades do vão da parede significa reduzir a autonomia de luz natural espacial de um ambiente, conforme o Gráfico 16. No entanto, essa redução não interferiu na meta do requisito de bonificação do RTQ-R, fazendo com que o ambiente atendesse à exigência de iluminância de 120 lx em 70% ou mais das horas de uso com iluminação natural. A única exceção pode ser observada na orientação Sul, em que a porta de canto (PC) não atingiu o percentual estabelecido pelo manual, ficando em torno de 68%. Com relação à LM-83-12, a ALNe é preferível quando a porta está centralizada ou localizada na posição intermediária. Quando a porta é de canto, a autonomia de luz natural espacial varia entre preferível e neutra. Com isso, compreende-se que a ALNe passa a sofrer maior influência da orientação quando as aberturas estão situadas nas extremidades do vão, principalmente sob as orientações Sul e Sudeste, que recebem uma menor quantidade de raios solares em decorrência da trajetória aparente do sol.

De acordo com o Gráfico 17, na maioria dos cenários, a exposição direta ao sol, no decorrer de um ano, não se altera quando a porta se desloca do centro para a posição intermediária, mas, diminui quando ela se desloca do centro em direção à extremidade do vão.

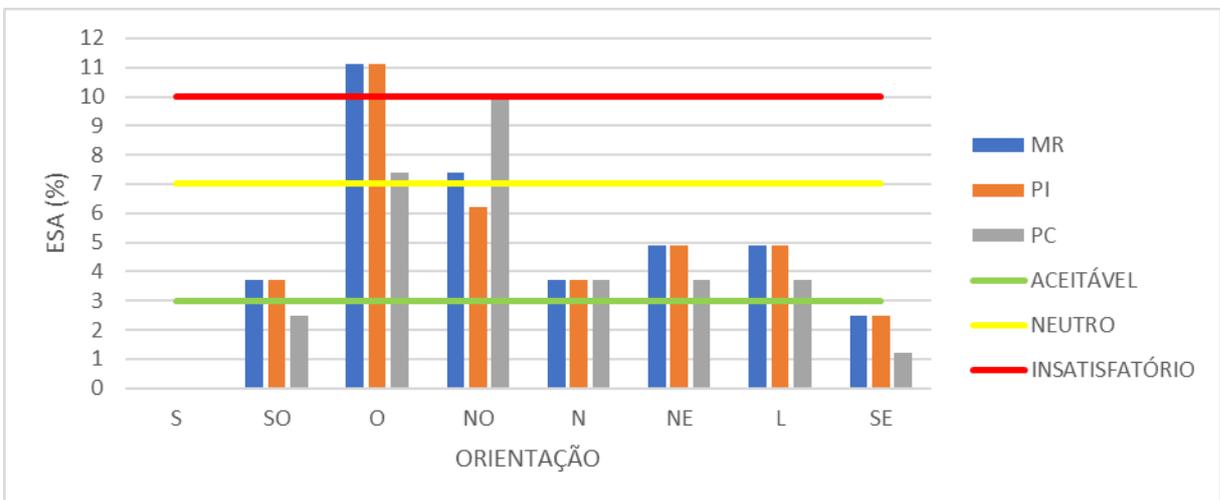
Gráfico 16 – Autonomia de Luz Natural Espacial para análise da influência da posição da porta



Fonte: elaborado pela autora (2023)

Para as orientações Sul e Sudeste, mudar a posição da porta no vão não altera a condição de exposição: a ESA é sempre aceitável, de acordo com a LM-83-12. Mas quando ela está orientada para Oeste, a condição varia entre neutra e insatisfatória. Nas demais orientações, a exposição direta aos raios solares é predominantemente neutra, com pequenas variações que não alteram essa condição.

Gráfico 17 – Exposição Solar Anual para análise da influência da posição da porta



Fonte: elaborado pela autora (2023)

#### 4.3.2 Na disponibilidade e distribuição da luz natural

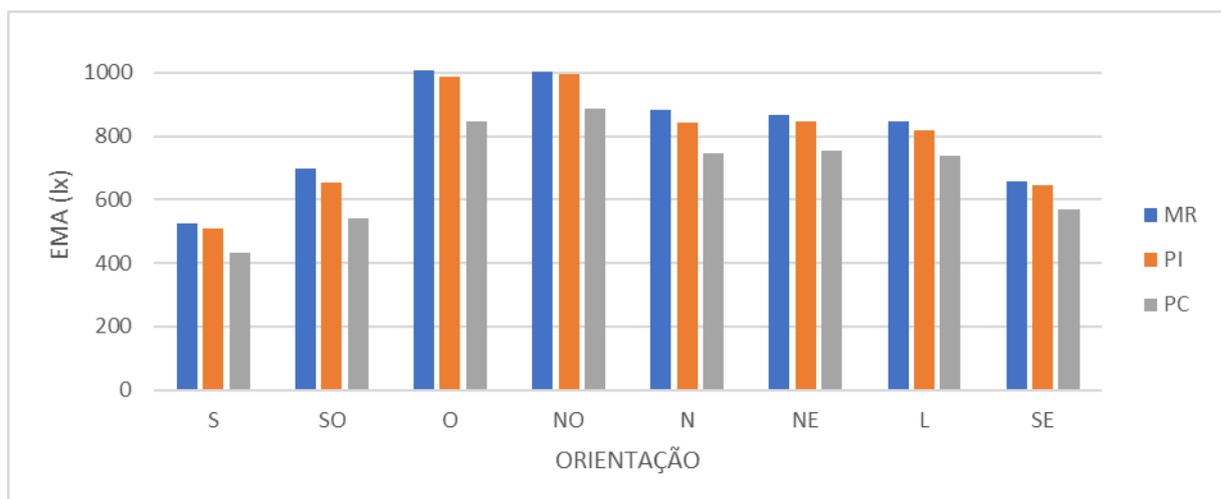
O Gráfico 18 revela que a iluminância média anual diminui à medida que a abertura se afasta do centro em direção a uma das extremidades. O modelo PI, em que a porta está situada na posição intermediária (entre o centro e o canto da parede), pode representar

uma redução de até 6% nos valores de EMA quando comparado ao MR. Ao se deslocar a abertura da porta do centro para o canto da parede (PC), esses valores podem decair em torno de 22%.

Em relação à influência da orientação, percebe-se que ela é mais significativa quando analisamos os modelos separadamente. Os valores das iluminâncias internas resultantes da porta em posição intermediária podem alcançar até 95% de variação, quando comparamos as orientações Sul e Noroeste. Essa mesma comparação para a porta localizada na extremidade resulta em variações que podem ultrapassar os 105%. É importante destacar que as simulações foram realizadas deslocando-se a abertura da porta apenas para uma das extremidades.

Diante desses resultados, pode-se inferir que portas centralizadas contribuem para uma maior disponibilidade de luz natural no interior do ambiente.

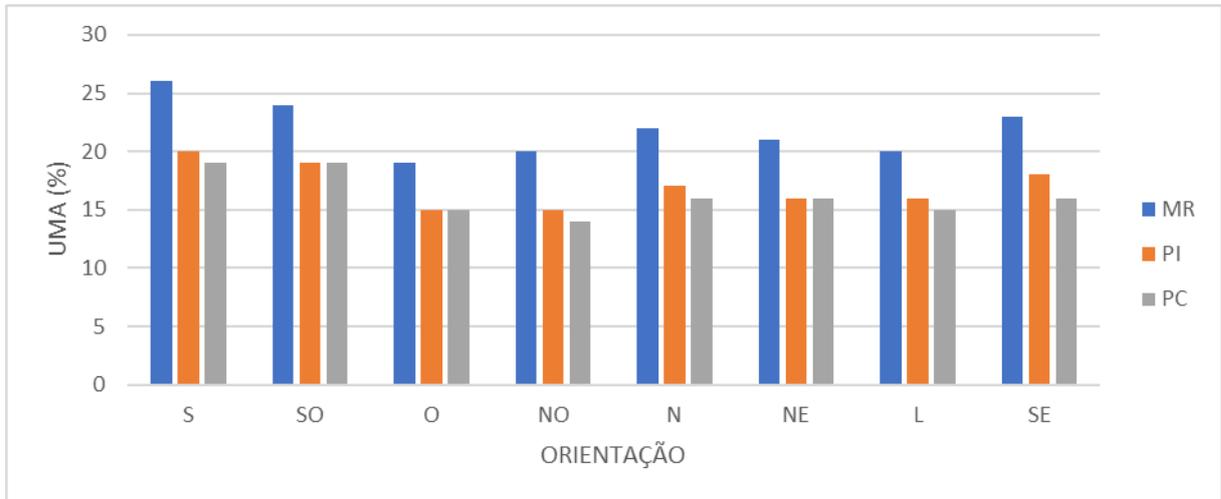
Gráfico 18 – Iluminância Média Anual para análise da influência da posição da porta



Fonte: elaborado pela autora (2023)

Reportando-se ao Gráfico 19, é possível perceber que, ao se deslocar a porta do centro (MR) para a posição intermediária (PI), a UMA pode decrescer em torno de 25%. O mesmo acontece ao transferi-la do centro para o canto da parede (PC): a uniformidade média anual pode diminuir até 30%. Esses resultados próximos demonstram que posicionar a porta de entrada na posição intermediária ou no canto da parede não representa diferença significativa quanto à distribuição das iluminâncias no espaço interno. E que é preferível localizar a porta no centro do vão para garantia de uma maior uniformidade. Isso se deve ao fato de que os maiores valores de iluminância encontram-se próximos à abertura, contribuindo para uma distribuição mais uniforme quando ela se situa no centro do ambiente.

Gráfico 19 – Uniformidade Média Anual para análise da influência da posição da porta

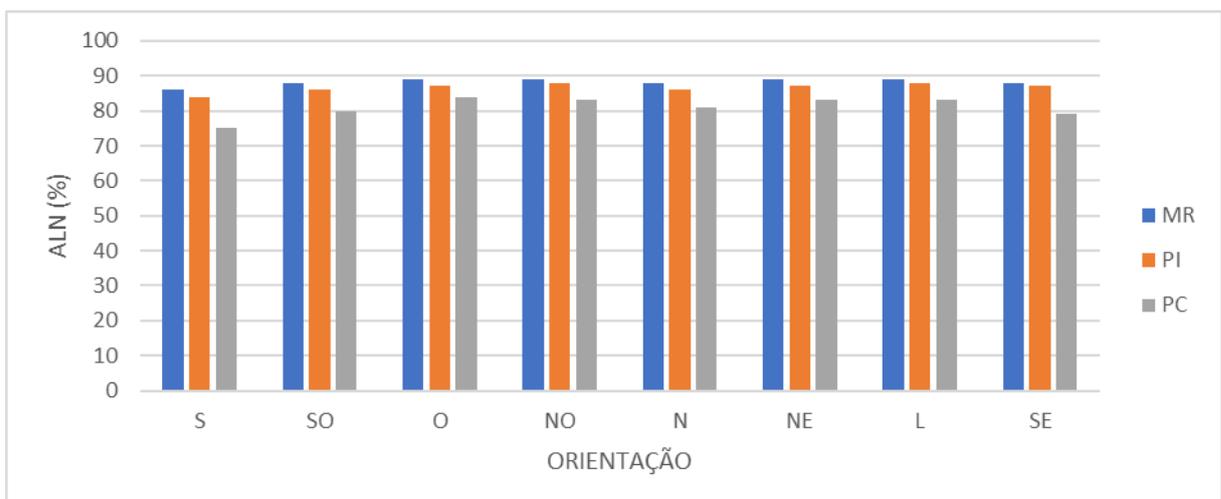


Fonte: elaborado pela autora (2023)

Quanto à ALN, o Gráfico 20 demonstra que portas centralizadas proporcionam maior autonomia de luz natural, e que à medida que se afastam do centro, essa autonomia diminui. Mas a redução é discreta, visto que o percentual de horas anuais em que o ambiente alcança a meta de iluminação superior de 120 lx varia entre 75% e 89% para esses cenários.

É possível verificar também que a mudança na orientação pouco influencia nos índices da ALN, tendo em vista que o céu tropical favorece uma iluminação natural abundante e a meta de iluminância para ambientes residenciais é relativamente baixa.

Gráfico 20 – Autonomia de Luz Natural para análise da influência da posição da porta



Fonte: elaborado pela autora (2023)

Segue quadro resumo (Quadro 12) dos resultados obtidos para o parâmetro **posição da porta**:

Quadro 12 – Resumo dos resultados obtidos para o parâmetro: posição da porta

MODELO	INDICADOR DE DESEMPENHO					
	ALNe (%)		ESA (%)	EMA (lx)	UMA (%)	ALN (%)
MR	LM-83-12	Preferível	Predominantemente neutra; aceitável em S e SE; insatisfatória em O	525 < EMA < 1007	19 < UMA < 26	87 < ALN < 89
	RTQ-R	≥ 70%				
PI	LM-83-12	Preferível	Predominantemente neutra; aceitável em S e SE; insatisfatória em O	508 < EMA < 995	15 < UMA < 20	84 < ALN < 88
	RTQ-R	≥ 70%				
PC	LM-83-12	Predominantemente preferível; neutra em S e SE	Variável entre aceitável e neutra; insatisfatória em NO	432 < EMA < 886	15 < UMA < 19	75 < ALN < 84
	RTQ-R	≥ 70% (exceto S)				

Fonte: elaborado pela autora (2023)

#### 4.4 Análise da influência do ângulo de abertura da porta de entrada

Nesta seção são apresentados e analisados os resultados referentes aos cenários que têm o seu desempenho luminoso influenciado pelo ângulo de abertura da porta de entrada.

##### 4.4.1 No atendimento às normas vigentes

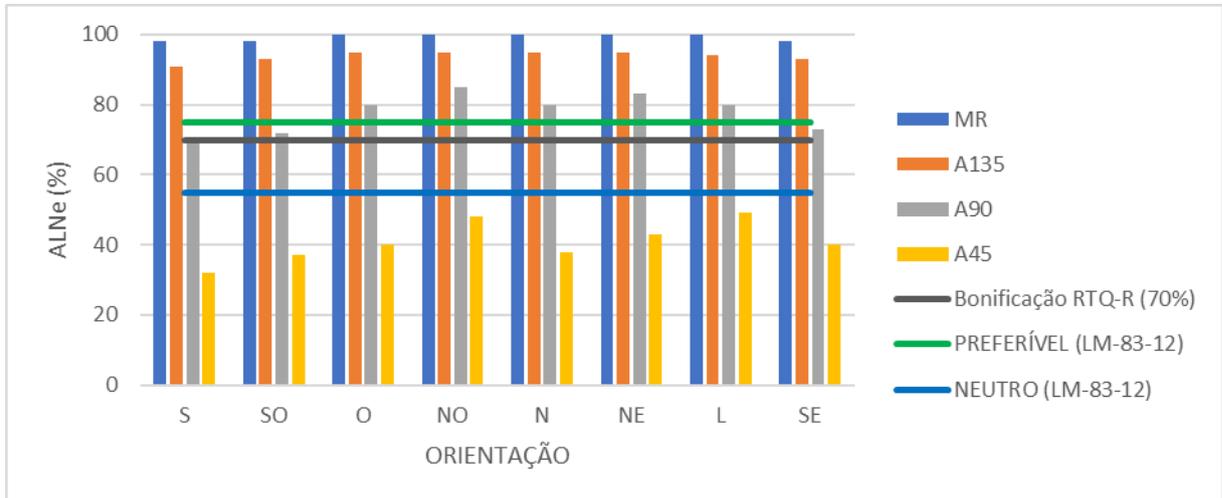
Conforme o Gráfico 21, portas centralizadas no vão, com abertura entre 90° (A90) e 180° (MR), podem garantir uma autonomia de luz natural espacial igual ou superior a 70%, ou seja, em pelo menos 70% da área de análise, a meta de iluminância de 120 lx é alcançada em 70% das horas simuladas em um ano, em consonância com os critérios do RTQ-R. Para ângulos inferiores a 45°, essa suficiência fica comprometida. Levando-se em consideração os critérios estabelecidos pela LM-83-12, a ALNe é preferível, em todas as orientações, para os modelos MR e A135. Para o modelo A90, ela é variável entre preferível e neutra, dependendo da orientação. Já para o modelo A45, a autonomia de luz natural espacial não atinge percentuais aceitáveis em qualquer das orientações simuladas.

Esses resultados indicam que, ao manter uma porta semiaberta, com ângulo mínimo de 90°, o ocupante do espaço possibilita a entrada da quantidade de luz necessária para manter a iluminação do ambiente confortável. Além disso, favorece a circulação do ar, contribuindo para melhor ventilação natural do espaço.

Quanto à ESA, o Gráfico 22 aponta que, para a maioria das orientações, diminuir o ângulo de abertura da porta significa elevar os níveis de conforto visual decorrentes da incidência direta dos raios solares. Apenas para as orientações Sul e Sudeste eles se mantêm

constantes qualquer que seja o ângulo de abertura, em virtude da trajetória solar aparente contribuir para uma menor penetração da luz solar direta no ambiente para essas orientações.

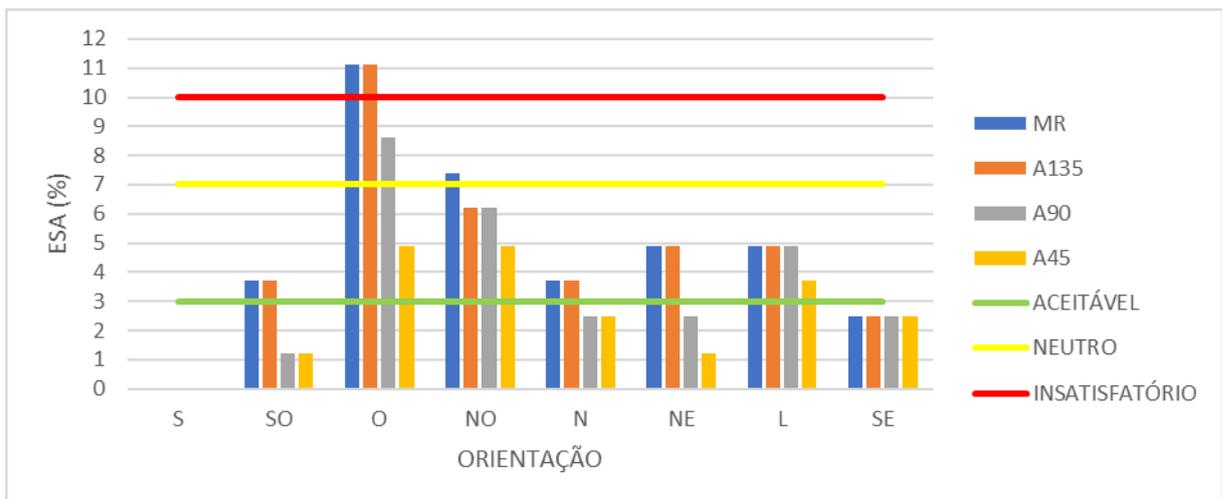
Gráfico 21 – Autonomia de Luz Natural Espacial para análise da influência do ângulo de abertura



Fonte: elaborado pela autora (2023)

Os únicos modelos que contribuíram para uma exposição direta ao sol excessiva, caracterizada como insatisfatória pela LM-83-12, foram o MR e o A135, apenas para a orientação Oeste, que recebe altos níveis de radiação solar, especialmente nas horas mais quentes do dia. Os demais cenários denotaram condições neutras ou aceitáveis de exposição solar durante o período de um ano.

Gráfico 22 – Exposição Solar Anual para análise da influência do ângulo de abertura



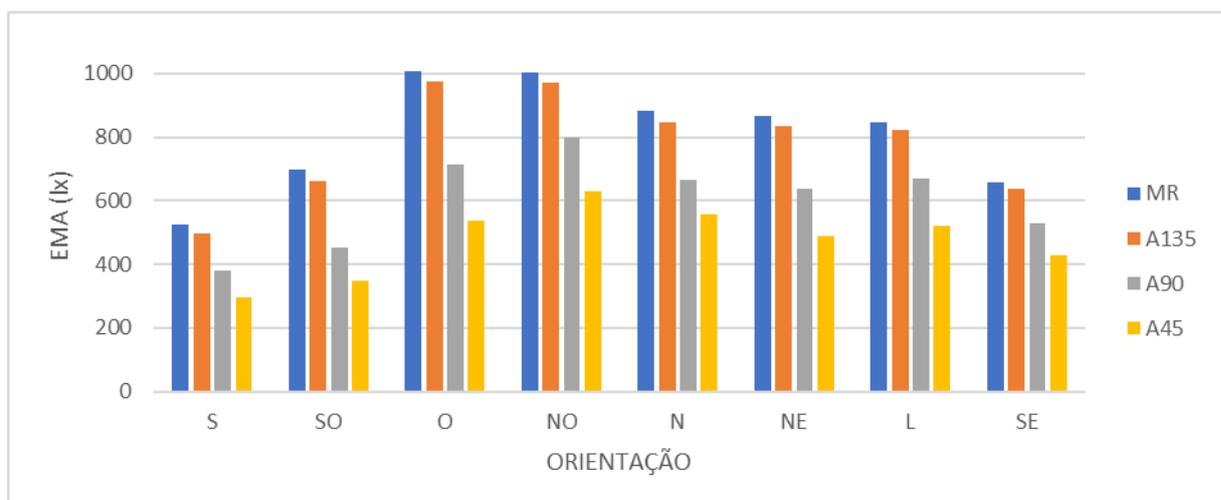
Fonte: elaborado pela autora (2023)

#### 4.4.2 Na disponibilidade e distribuição da luz natural

Ao analisar a influência do ângulo de abertura da porta de entrada na quantidade de luz disponível no interior do ambiente, percebe-se que, quando o ângulo de abertura diminui, a provisão de luz natural no espaço simulado também diminui, independente da orientação (Gráfico 23). Se comparada ao modelo de referência (com ângulo de abertura de 180°), o modelo A135, cuja abertura apresenta um ângulo de 135°, pode representar uma redução de até 5% nos valores da EMA. Quando o ângulo de abertura passa a ser de 90° (A90), os percentuais de redução podem variar entre 20% e 35%, dependendo da orientação. Já para o modelo A45, que equivale a um quarto da abertura total, as iluminâncias médias chegam a decair pela metade quando a porta está orientada para o Sudoeste.

O Gráfico 23 também mostra a influência da orientação na EMA, que foi mais expressiva: a variação nos valores das iluminâncias ultrapassou em mais de 100% para os modelos A90 e A45, ao se comparar os resultados obtidos para as orientações Sul e Noroeste.

Gráfico 23 – Iluminância Média Anual para análise da influência do ângulo de abertura

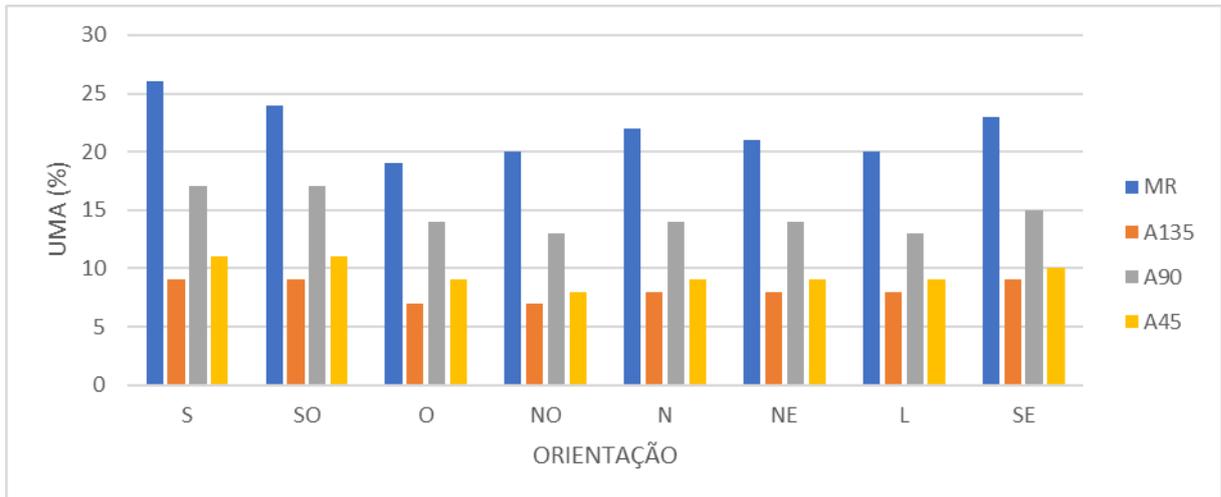


Fonte: elaborado pela autora (2023)

De acordo com o Gráfico 24, uma porta de entrada com abertura de 135° (A135) pode diminuir a uniformidade média anual em até 65% se comparada ao MR. No entanto, quando a abertura é menor, com ângulos de 90° (A90) e 45° (A45), a UMA não decai tão vertiginosamente. Esse comportamento talvez possa ser explicado pelo fato da região situada por trás da porta, que corresponde a um ângulo de 45° para o modelo A135, apresentar valores muito baixos para as iluminâncias. No cômputo geral, esses valores mínimos contribuem para que a média seja muito baixa, apesar da provisão de luz natural para esse cenário ser maior que para os modelos A90 e A45. Então, nesse caso em particular, menor quantidade de luz

disponível no espaço não necessariamente resulta em maior uniformidade. Sendo assim, é preferível ter a porta semiaberta (com ângulo entre 45° e 90°) para obter maior uniformidade da luz natural, desde que a média das iluminâncias ao longo do ano não fiquem abaixo do recomendado em norma.

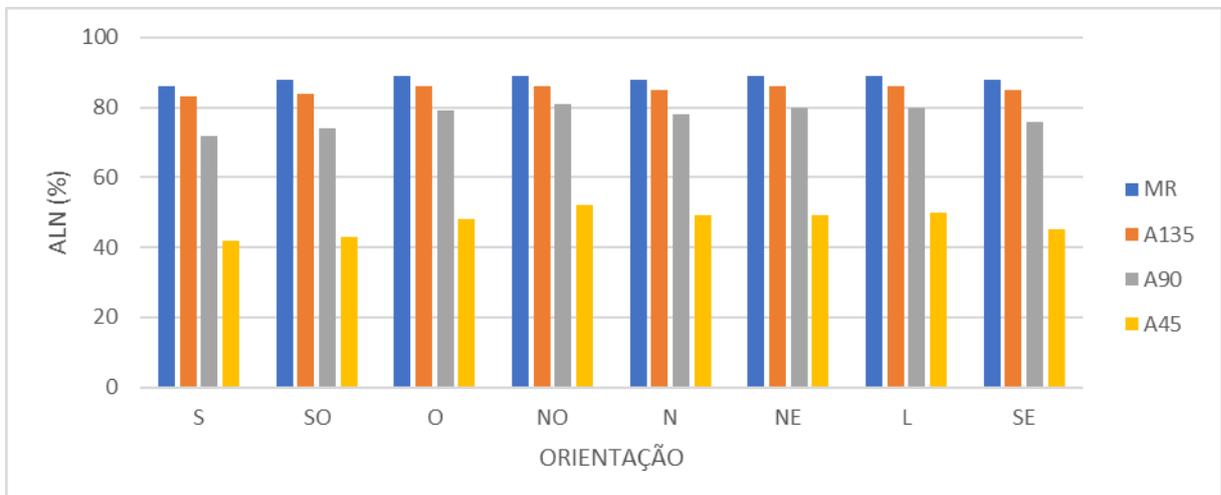
Gráfico 24 – Uniformidade Média Anual para análise da influência do ângulo de abertura



Fonte: elaborado pela autora (2023)

Comparando os resultados obtidos para a ALN, o Gráfico 25 revela que à medida que o ângulo de abertura da porta diminui, a autonomia de luz natural também diminui, apresentando uma queda maior ao se comparar o modelo de referência (MR) ao modelo A45: dependendo da orientação, essa diferença pode ficar acima de 50%. Em contrapartida, a orientação da abertura quase não influencia nessa métrica, apresentando variações muito discretas.

Gráfico 25 – Autonomia de Luz Natural para análise da influência do ângulo de abertura



Fonte: elaborado pela autora (2023)

Para os cenários simulados, o percentual de horas anuais em que o ambiente alcança a meta de iluminação natural de 120 lx varia entre 42% e 89%, com os menores percentuais para o modelo A45, e os maiores para o MR.

Segue quadro resumo (Quadro 13) dos resultados obtidos para o parâmetro **ângulo de abertura da porta**:

Quadro 13 – Resumo dos resultados obtidos para o parâmetro: ângulo de abertura da porta

MODELO	INDICADOR DE DESEMPENHO					
	ALNe (%)		ESA (%)	EMA (lx)	UMA (%)	ALN (%)
MR	LM-83-12	Preferível	Predominantemente neutra; aceitável em S e SE; insatisfatória em O	525 < EMA < 1007	19 < UMA < 26	87 < ALN < 89
	RTQ-R	≥ 70%				
A135	LM-83-12	Preferível	Predominantemente neutra; aceitável em S e SE; insatisfatória em O	496 < EMA < 976	7 < UMA < 9	83 < ALN < 86
	RTQ-R	≥ 70%				
A90	LM-83-12	Predominantemente preferível; neutra em S, SO e SE	Variável entre aceitável e neutra	380 < EMA < 798	13 < UMA < 17	72 < ALN < 81
	RTQ-R	≥ 70%				
A45	LM-83-12	Não atinge percentuais aceitáveis	Variável entre aceitável e neutra	295 < EMA < 630	8 < UMA < 11	42 < ALN < 52
	RTQ-R	< 70%				

Fonte: elaborado pela autora (2023)

#### 4.5 Análise da influência das diferentes possibilidades de abertura da porta holandesa

Nesta seção são apresentados e analisados os resultados referentes aos cenários que têm o seu desempenho luminoso influenciado pelas diferentes possibilidades de abertura da porta holandesa.

##### 4.5.1 No atendimento às normas vigentes

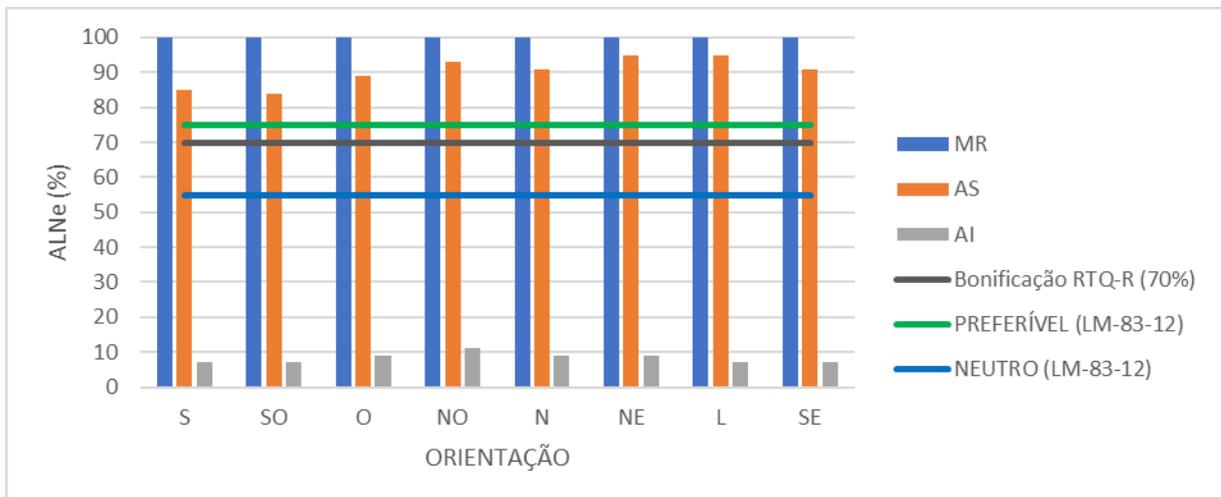
De acordo com o Gráfico 26, quando é a seção superior da porta holandesa que está aberta, ocorre uma redução discreta na autonomia de luz natural espacial, cuja variação oscilou entre 5% e 14%, conforme a orientação da porta na fachada. Esse resultado corrobora os estudos de Bittencourt *et al.* (1995), que afirmam que aberturas quadradas e aberturas alongadas na vertical proporcionam níveis de iluminação e distribuição do fluxo luminoso semelhantes. Nessa primeira análise, o modelo AS representa a abertura quadrada e o MR representa a abertura alongada na vertical. Os dois modelos mencionados atendem aos

requisitos de bonificação do RTQ-R, com resultados superiores a 84%, e, segundo a LM-83-12, são classificados como preferíveis quanto à ALNe.

Ao confrontar os resultados obtidos para o MR com os do modelo AI, que se caracteriza pela abertura da seção inferior da porta, nota-se que a redução nos índices da ALNe é acentuada, chegando a ultrapassar os 90% na grande maioria das orientações. Nesse caso, a meta do requisito de bonificação do RTQ-R não é atingida em qualquer dos cenários propostos, ficando muito abaixo do exigido pelo manual: a maior porcentagem de área que manteve pelo menos 120 lx de iluminância durante 70% das horas anuais foi de 11% (orientação Noroeste). Da mesma forma, os percentuais obtidos para esse modelo não atingiram o mínimo necessário para manter a ALNe aceitável em nenhuma das orientações, conforme os critérios da LM-83-12. Esse comportamento deve-se ao fato de a maior parte da luz natural ser captada através da área situada abaixo do plano de trabalho estabelecido para o estudo.

Diante desse resultado, é importante pontuar que, para alcançar uma autonomia de luz natural espacial favorável, o ideal é que a abertura esteja situada acima do plano de trabalho desejado.

Gráfico 26 – Autonomia de Luz Natural Espacial para análise da influência da porta holandesa

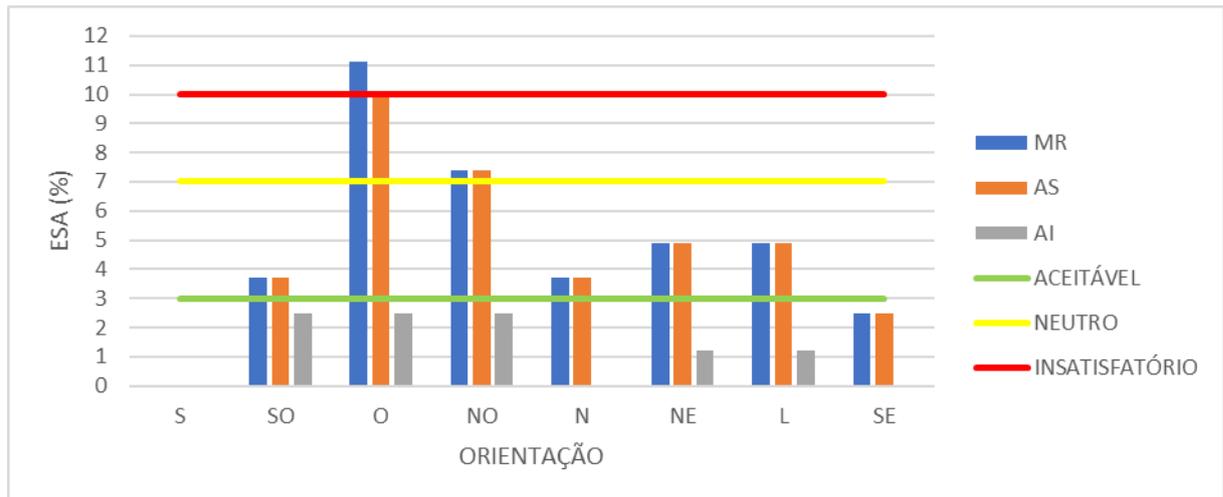


Fonte: elaborado pela autora (2023)

Os resultados obtidos a partir do Gráfico 27, demonstram que abrir apenas uma das seções da porta holandesa (superior ou inferior) pode não gerar desconforto visual decorrente da incidência direta dos raios solares, com exceção da situação em que o modelo AS tem a sua abertura orientada a Oeste, em que a condição é classificada como insatisfatória pela LM-83-12, atingindo o percentual de 10%.

Para o modelo AS, ao posicionar a abertura da porta voltada para as direções Sul e Sudeste, a ESA é considerada aceitável, uma vez que menos de 3% da área de análise excede o limite de 1000 lx durante o período de 250 horas, no intervalo de um ano; nas demais orientações, essa exposição direta ao sol é considerada neutra, ficando abaixo de 7%. Para o modelo AI, a exposição solar anual é aceitável em todas as orientações simuladas.

Gráfico 27 – Exposição Solar Anual para análise da influência da porta holandesa



Fonte: elaborado pela autora (2023)

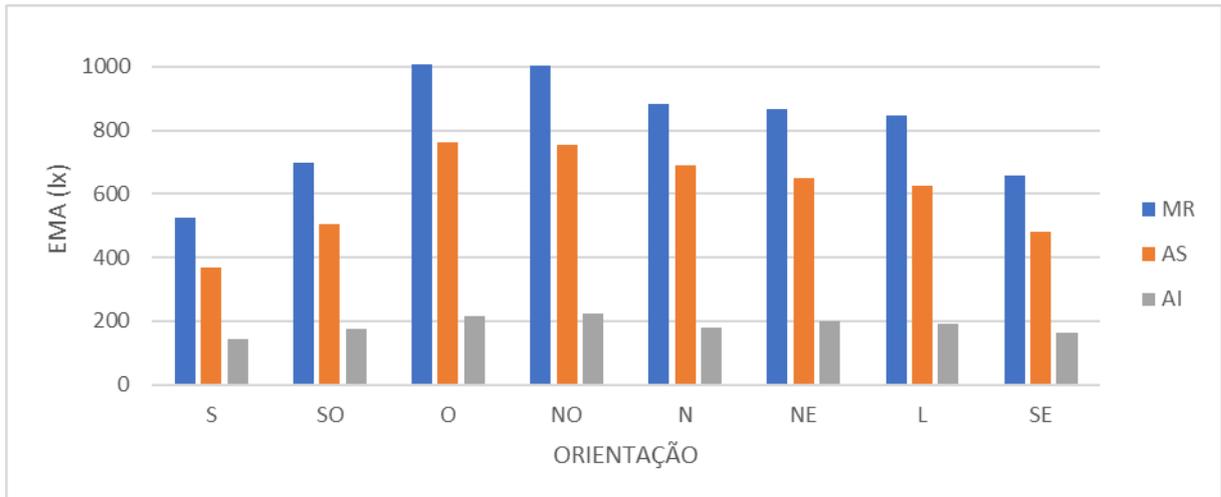
#### 4.5.2 Na disponibilidade e distribuição da luz natural

A análise do Gráfico 28 demonstra que aberturas localizadas acima do plano de trabalho garantem maior disponibilidade de luz natural no ambiente, em comparação a aberturas situadas abaixo desse mesmo plano.

Abrir apenas a seção superior da porta holandesa pode reduzir as iluminâncias médias globais em até aproximadamente 30%, tendo como referência o MR. Quando a seção aberta corresponde à parte inferior, essa redução se aproxima de 80%. Essa discrepância entre os percentuais de redução da EMA pode ser explicada, como exposto anteriormente, pelo fato de o modelo AI captar a maior parte da luz natural através da região situada abaixo do plano de trabalho determinado para a pesquisa.

Ainda de acordo com o Gráfico 28, observa-se influência significativa da orientação na provisão de luz natural no ambiente da sala. Ao comparar os valores dos extremos para cada modelo, verificou-se que a maior variação encontrada foi para o modelo AS, que ficou acima de 50% entre as orientações Sul e Oeste.

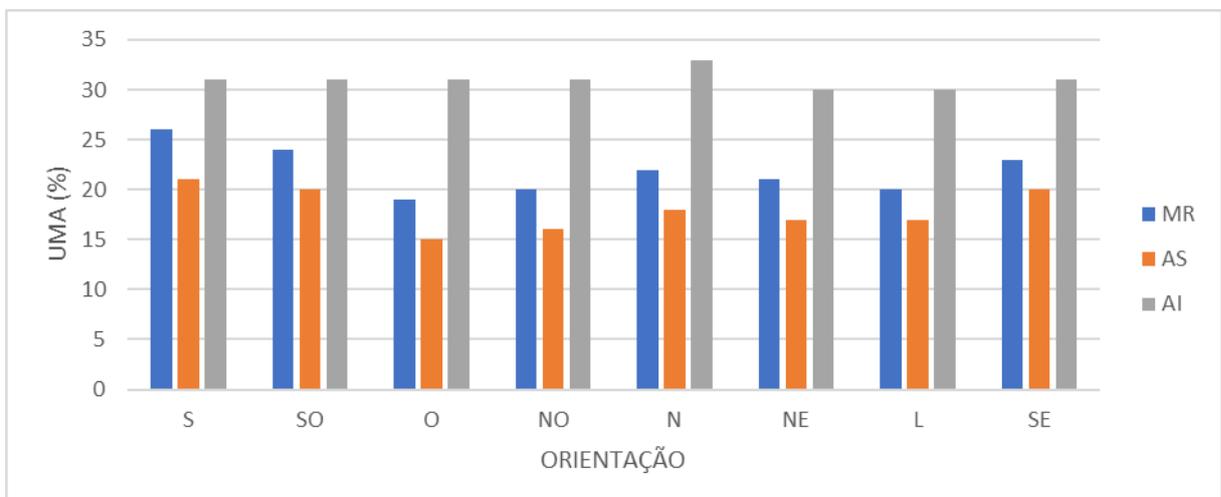
Gráfico 28 – Iluminância Média Anual para análise da influência da porta holandesa



Fonte: elaborado pela autora (2023)

Com relação à uniformidade média anual, tomando-se como base o MR, abrir somente a parte superior da porta holandesa (AS) pode implicar numa redução da uniformidade média anual do ambiente. No entanto, para as situações em que a luz natural penetra o ambiente através de abertura situada abaixo do plano de trabalho, a UMA é maior. Neste caso, como a quantidade de luz que entra no ambiente através da seção inferior da porta é menor, em decorrência do bloqueio de parte da luz direta, a iluminação torna-se menos intensa e mais difusa, o que tende a suavizar as diferenças de intensidade luminosa. Essa diminuição do contraste entre as áreas iluminadas e sombreadas resulta em uma iluminação mais uniforme, como pode ser verificado no Gráfico 29.

Gráfico 29 – Uniformidade Média Anual para análise da influência da porta holandesa



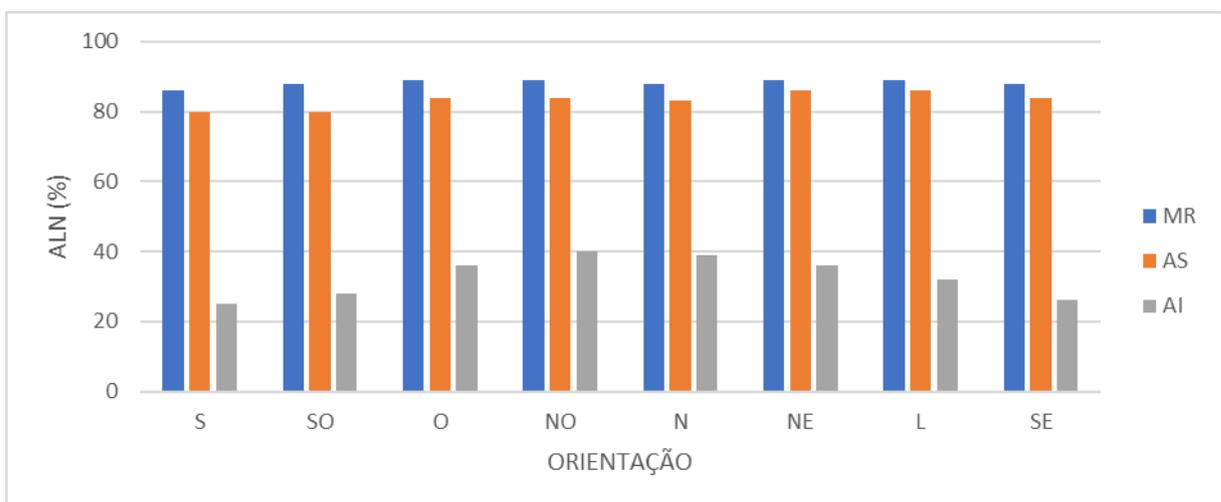
Fonte: elaborado pela autora (2023)

Para o modelo AS, a redução da uniformidade alterna entre 13% e 21%. Enquanto que para o modelo AI, percebe-se que o aumento da UMA varia entre 19% e 63%, dependendo da orientação da abertura.

Segundo o Gráfico 30, a influência da orientação nos resultados da autonomia de luz natural é pouco significativa para o MR e o modelo AS. No entanto, para o modelo AI, ela é mais perceptível, tendo em vista que a contribuição da luz direta do sol é reduzida, resultando em um ambiente menos iluminado. Portanto, neste modelo, a diferença entre as orientações Sul e Noroeste, que apresentaram a menor e a maior porcentagem da ALN, respectivamente, ficou acima de 60%.

Os resultados também demonstram que os valores obtidos para o modelo AS foram próximos daqueles alcançados pelo MR, atingindo a meta de iluminância natural de 120 lx em mais de 80% das horas diárias simuladas em um ano, para todos os cenários; em contrapartida, para o modelo AI, o percentual de horas anuais que o ambiente atingiu o limite de 120 lx variou entre 25% e 40%.

Gráfico 30 – Autonomia de Luz Natural para análise da influência da porta holandesa



Fonte: elaborado pela autora (2023)

Segue quadro resumo (Quadro 14) dos resultados obtidos para o parâmetro **porta holandesa**:

Quadro 14 – Resumo dos resultados obtidos para o parâmetro: porta holandesa

MODELO	INDICADOR DE DESEMPENHO					
	ALNe (%)		ESA (%)	EMA (lx)	UMA (%)	ALN (%)
MR	LM-83-12	Preferível	Predominantemente neutra; aceitável em S e SE; insatisfatória em O	525 < EMA < 1007	19 < UMA < 26	87 < ALN < 89
	RTQ-R	≥ 70%				
AS	LM-83-12	Preferível	Predominantemente neutra; aceitável em S e SE; insatisfatória em O	369 < EMA < 764	15 < UMA < 21	80 < ALN < 86
	RTQ-R	≥ 70%				
AI	LM-83-12	Não atinge percentuais aceitáveis	Aceitável	141 < EMA < 223	30 < UMA < 33	25 < ALN < 40
	RTQ-R	< 70%				

Fonte: elaborado pela autora (2023)

#### 4.6 Análise da influência das diferentes possibilidades de formato e distribuição das áreas envidraçadas da porta de entrada

Nesta seção são apresentados e analisados os resultados referentes aos cenários que têm o seu desempenho luminoso influenciado pelas diferentes possibilidades de formato e distribuição das áreas envidraçadas da porta de entrada.

##### 4.6.1 No atendimento às normas vigentes

Analisando os resultados apresentados no Gráfico 31, é possível constatar que nos casos em que a superfície da abertura da porta é totalmente de vidro<sup>5</sup> (VT), a autonomia de luz natural espacial não é suficiente para atender aos critérios de bonificação do RTQ-R na maioria dos cenários simulados, pois não alcança 70% da área do ambiente com um iluminamento mínimo de 120 lx em 70% das horas anuais. Apenas as fachadas que possuem maior exposição à radiação solar direta atingiram percentuais acima de 70%. Em relação à LM-83-12, percebe-se que, para este modelo (VT), a ALNe é preferível apenas quando a porta está orientada a Nordeste, e neutra quando orientada a Oeste, Noroeste, Norte e Leste. Nas demais orientações, a autonomia de luz natural espacial não alcançou percentuais aceitáveis.

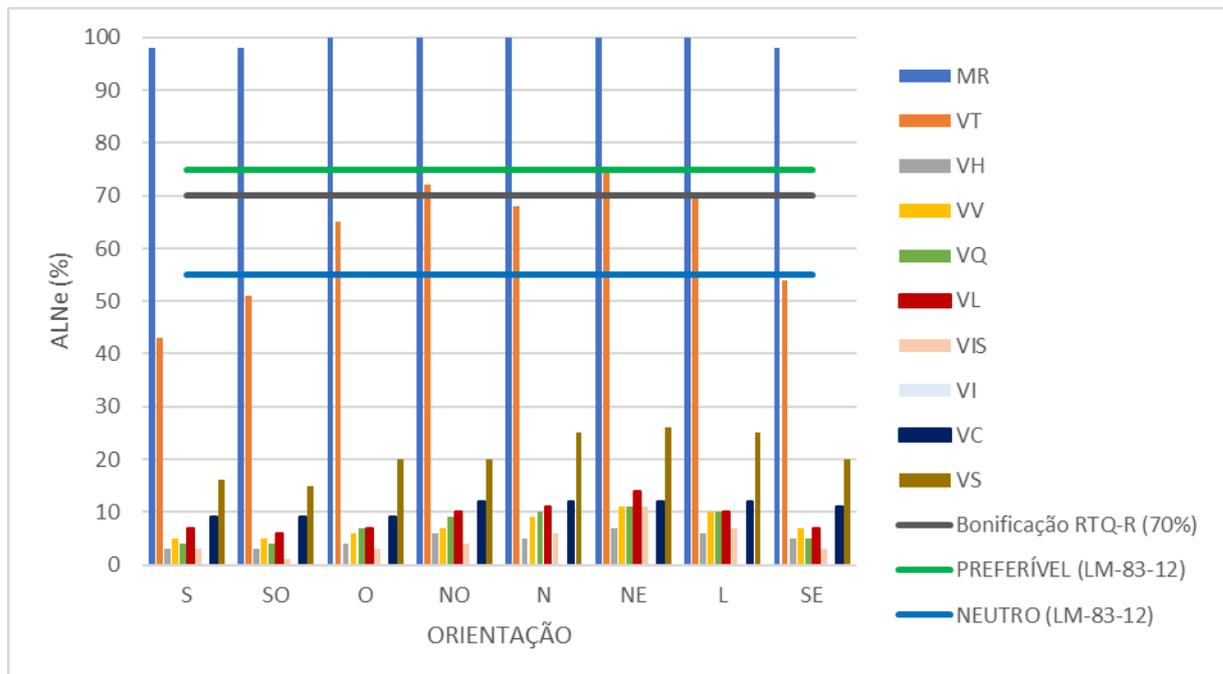
Em face desse resultado, é possível inferir que o fechamento do vão de abertura com uma superfície envidraçada pode comprometer a suficiência de luz natural de um espaço. Na orientação Sul, onde foi observada a maior redução, a ALNe reduziu mais de 56%.

<sup>5</sup> O vidro utilizado nos processamentos é do tipo comum transparente, conforme especificado na seção 3.1.

Os demais modelos, por apresentarem uma área envidraçada (0,52 m<sup>2</sup>) que equivale a aproximadamente um quarto da área total da porta (abertura) utilizada no MR (2,10 m<sup>2</sup>), serão comparados apenas entre si, visto que nenhum dos cenários simulados atingiu a ALNe pretendida pelo estudo.

Conforme o Gráfico 31, quando a área envidraçada é distribuída uniformemente, a autonomia de luz natural espacial assume valores semelhantes, independente da forma, como pode ser visto para as aberturas alongadas na vertical (VV), aberturas alongadas na horizontal (VH), e aberturas quadradas (VQ). Uma única abertura lateral (VL) (alongada na vertical) apresenta comportamento similar a uma única abertura central (VC). O modelo VIS, que possui duas aberturas, uma na parte superior da porta, e outra na inferior, apresenta resultados muito baixos, pois as aberturas estão localizadas acima e abaixo do plano de referência para medição das iluminâncias, com isso, o iluminamento do plano de trabalho fica comprometido. O modelo VI, por sua vez, assemelha-se ao AI, modelo da variável analisada anteriormente (porta holandesa), mas, nesse caso, os resultados foram iguais a zero, pois a área de abertura é relativamente menor.

Gráfico 31 – Autonomia de Luz Natural Espacial para análise da influência das áreas envidraçadas



Fonte: elaborado pela autora (2023)

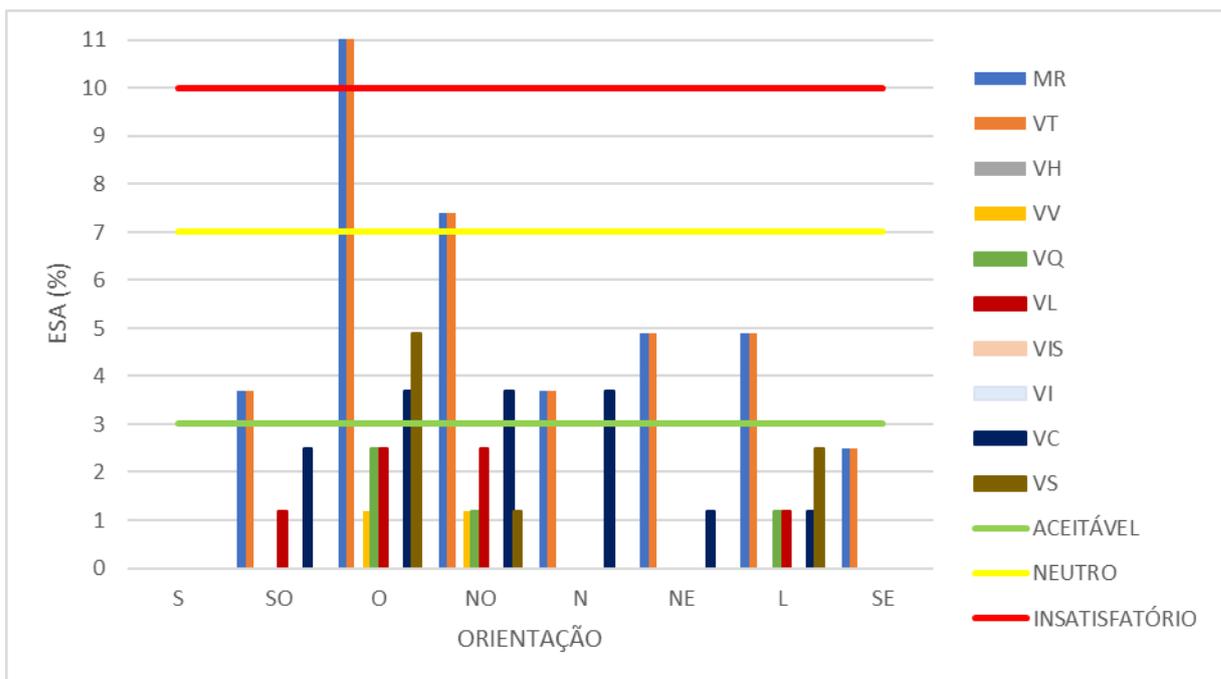
Dentre todos os modelos com elementos envidraçados (excluindo MR e VT), o modelo VS apresentou os maiores resultados, já que aberturas mais altas proporcionam uma melhor distribuição do fluxo luminoso, resultando em um aumento nos níveis de iluminação

das áreas mais distantes da abertura. Por outro lado, devido ao fato de estar situada acima do plano de trabalho, a ALNe não ultrapassou os 26%, valor ainda muito distante dos 55% e 70% estabelecidos pela LM-83-12 e pelo RTQ-R, respectivamente.

Quanto à exposição solar anual, apesar de a quantidade de luz disponibilizada no ambiente ser diferente para o MR e o modelo VT, eles apresentam o mesmo comportamento quanto à ESA, pois a diferença de iluminâncias não afeta a condição de exposição resultante para ambos os modelos. De acordo com o Gráfico 32, quando a porta está orientada a Sul e Sudeste, a ESA é classificada como aceitável; quando orientada a Oeste, é insatisfatória; nas demais orientações, a condição de exposição é neutra.

Quanto aos outros modelos, como esperado, devido à área reduzida de abertura, a maior parte mantém os níveis de conforto visual aceitáveis em relação à incidência direta dos raios solares, independente da orientação. As únicas exceções ocorrem para o modelo VC, nas orientações que estão sujeitas à exposição solar direta mais intensa (O, NO e NE), e para o modelo VS, quando a porta está orientada a Oeste. Nesses casos, a ESA é tida como neutra, já que o ambiente excede o limite de 1000 lx durante o período de 250 horas, no intervalo de um ano, em menos de 7% da área analisada. Tais resultados demonstram que aberturas mais altas e aberturas localizadas ao nível do plano de trabalho proporcionam maior disponibilidade de iluminação natural no interior do ambiente.

Gráfico 32 – Exposição Solar Anual para análise da influência das áreas envidraçadas



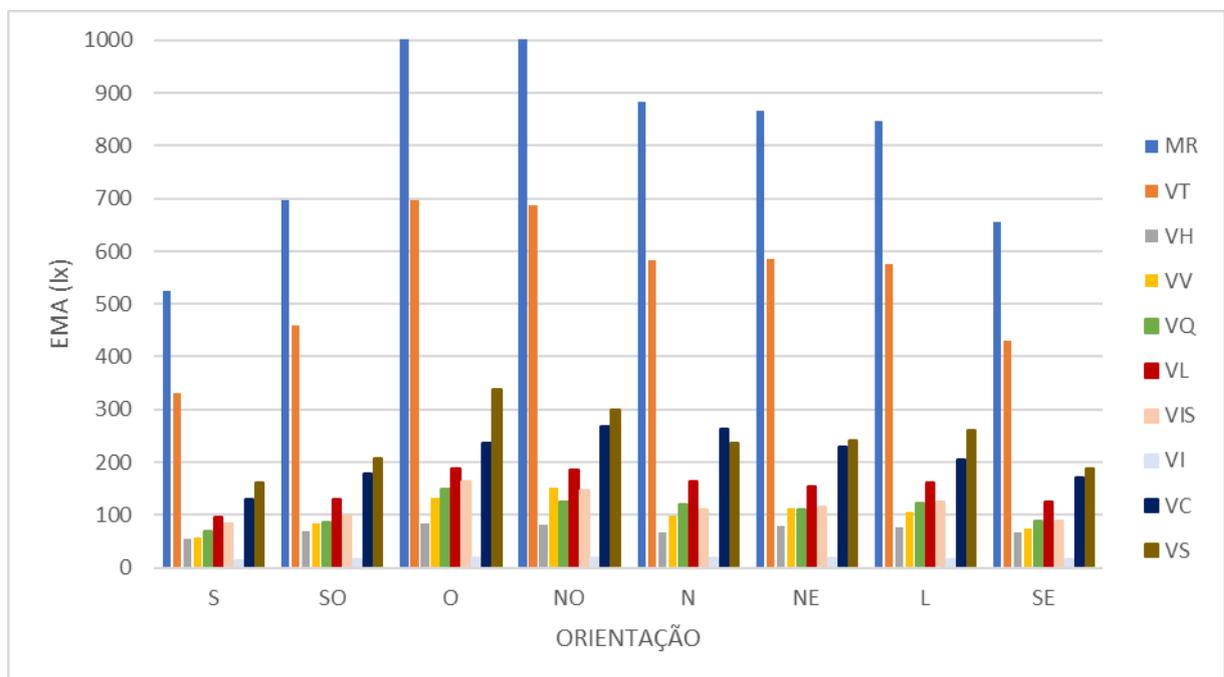
Fonte: elaborado pela autora (2023)

#### 4.6.2 Na disponibilidade e distribuição da luz natural

O Gráfico 33 demonstra que o fechamento de uma abertura com uma superfície totalmente envidraçada (VT) pode representar até 37% de redução nos valores das iluminâncias quanto a porta de entrada está orientada a Sul. Essa atenuação permanece superior a 30% nas demais orientações.

Em razão dos outros modelos possuírem área de abertura para passagem da luz muito reduzida, em vários cenários a meta de iluminância superior de 120 lx, determinada para a pesquisa, não é alcançada. Para os modelos VH e VI, isso acontece em todas as direções. O Gráfico 33 também revela que, para uma mesma área de abertura, distribuída uniformemente em várias outras aberturas (independente do formato adotado), os valores das iluminâncias são semelhantes quando comparadas entre si, apresentando uma variação sutil, principalmente entre os modelos VV e VQ. Os modelos cujas superfícies de vidro estão em posições mais altas, acima do plano de referência, ou dispostas de maneira a abranger a altura do plano de trabalho, os valores das iluminâncias são mais elevados, como pode ser observado em VL, VC e VS.

Gráfico 33 – Iluminância Média Anual para análise da influência das áreas envidraçadas



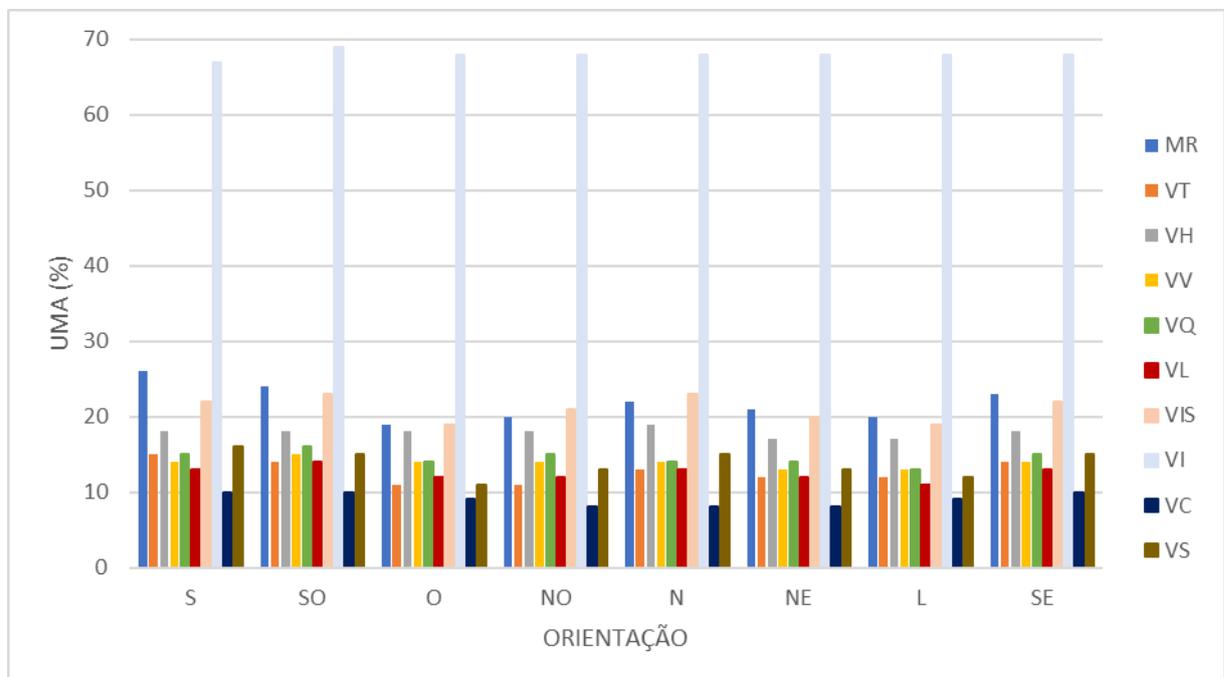
Fonte: elaborado pela autora (2023)

Em se tratando da distribuição das iluminâncias, de acordo com o Gráfico 34, percebe-se que não há grandes variações entre os modelos, com exceção do modelo VI, em

que a ausência de contraste elevados, decorrente da reduzida quantidade de radiação solar direta que ingressa no ambiente (pois a abertura está localizada abaixo do plano de referência), contribui para uma iluminação natural mais uniforme. Nesse caso em específico, a UMA se aproxima de 70% em todas as orientações.

Para os demais modelos, inclusive o MR e o VT, os resultados da UMA variam entre 8% e 26%. Os percentuais mais baixos da uniformidade média anual são observados para o modelo VC, pois os contrastes são mais elevados em razão da maior incidência de raios solares diretos no plano de trabalho, que ocorre por conta do posicionamento da abertura no mesmo nível do plano de medição das iluminâncias.

Gráfico 34 – Uniformidade Média Anual para análise da influência das áreas envidraçadas



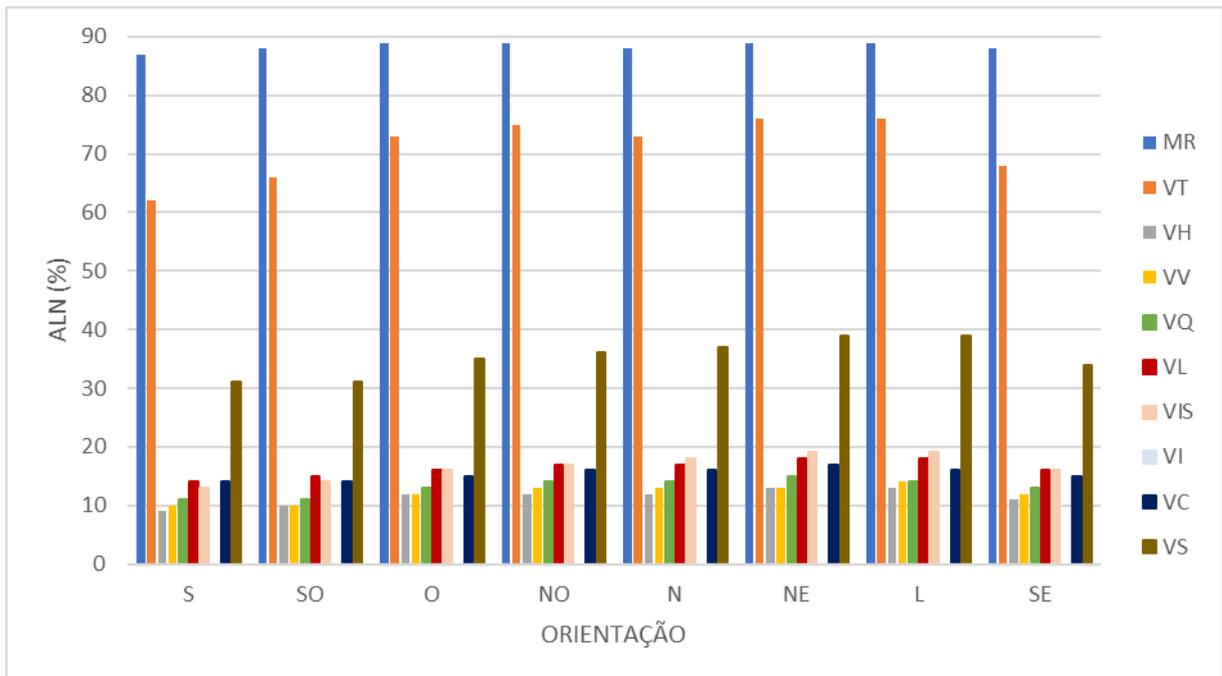
Fonte: elaborado pela autora (2023)

Quanto ao percentual de horas diárias, em um ano, que o ambiente atinge a meta de iluminância natural pré-estabelecida (120 lx), o Gráfico 35 mostra, em comparação ao MR, que o modelo VT apresenta redução significativa, que varia entre 15% e 29%, a depender da orientação. Assim, a porta de superfície totalmente envidraçada alcançou o limite de 120 lx em mais 62% das horas simuladas, atingindo o máximo de 76%.

Mas as reduções mais acentuadas ocorreram para os demais modelos, devido à redução significativa da área de abertura. Como o modelo VI zerou todos os percentuais da ALN, essa atenuação nos percentuais chegou à máxima de 100%. Os outros modelos tiveram uma redução na autonomia de luz natural que variou entre 65% e 90%.

Os modelos VH, VV e VQ, novamente, apresentaram resultados semelhantes em decorrência do mesmo motivo: uma mesma área de abertura, distribuída uniformemente em várias outras aberturas, independente da forma assumida, gera desempenhos similares. Já para VL e VC, a semelhança é motivada por outra razão, a presença de aberturas que abrangem a altura do plano de trabalho. Dentre os modelos com área de abertura reduzida, VS apresentou os maiores percentuais para a ALN, já que aberturas mais altas tendem a difundir a luz por todo o espaço, devido às reflexões nas superfícies internas de paredes e teto.

Gráfico 35 – Autonomia de Luz Natural para análise da influência das áreas envidraçadas



Fonte: elaborado pela autora (2023)

Segue quadro resumo (Quadro 15) dos resultados obtidos para o parâmetro **áreas envidraçadas da porta**:

Quadro 15 – Resumo dos resultados obtidos para o parâmetro: áreas envidraçadas da porta

MODELO	INDICADOR DE DESEMPENHO					
	ALNe (%)		ESA (%)	EMA (lx)	UMA (%)	ALN (%)
MR	LM-83-12	Preferível	Predominantemente neutra; aceitável em S e SE; insatisfatória em O	525 < EMA < 1007	19 < UMA < 26	87 < ALN < 89
	RTQ-R	≥ 70%				
VT	LM-83-12	Predominantemente neutra; preferível em NE; não atinge percentuais aceitáveis em S, SO e SE	Predominantemente neutra; aceitável em S e SE; insatisfatória em O	332 < EMA < 697	11 < UMA < 15	62 < ALN < 76
	RTQ-R	< 70% (exceto NO e NE)				
VH	LM-83-12	Não atinge percentuais aceitáveis	Aceitável	54 < EMA < 83	17 < UMA < 19	9 < ALN < 13
	RTQ-R	< 70%				
VV	LM-83-12	Não atinge percentuais aceitáveis	Aceitável	56 < EMA < 151	13 < UMA < 15	10 < ALN < 14
	RTQ-R	< 70%				
VQ	LM-83-12	Não atinge percentuais aceitáveis	Aceitável	68 < EMA < 150	13 < UMA < 16	11 < ALN < 15
	RTQ-R	< 70%				
VL	LM-83-12	Não atinge percentuais aceitáveis	Aceitável	95 < EMA < 189	11 < UMA < 14	14 < ALN < 18
	RTQ-R	< 70%				
VIS	LM-83-12	Não atinge percentuais aceitáveis	Aceitável	83 < EMA < 164	19 < UMA < 23	13 < ALN < 19
	RTQ-R	< 70%				
VI	LM-83-12	Não atinge percentuais aceitáveis	Aceitável	14 < EMA < 19	67 < UMA < 69	0
	RTQ-R	< 70%				
VC	LM-83-12	Não atinge percentuais aceitáveis	Variável entre aceitável e neutra	130 < EMA < 268	8 < UMA < 10	14 < ALN < 17
	RTQ-R	< 70%				
VS	LM-83-12	Não atinge percentuais aceitáveis	Predominantemente aceitável; neutra em O	160 < EMA < 337	11 < UMA < 16	31 < ALN < 39
	RTQ-R	< 70%				

Fonte: elaborado pela autora (2023)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa avaliou a influência da porta de entrada no desempenho luminoso de um ambiente residencial na cidade de Maceió/AL. Para investigar se provisão de luz natural no interior do ambiente, através dessa abertura, está em conformidade com as condições de conforto luminoso definidas pela NBR 15575-1 e pelo RTQ-R, e para analisar a sua influência quanto à disponibilidade e distribuição da iluminação natural nesse mesmo espaço, foram realizadas análises comparativas de um conjunto de variáveis, a partir dos resultados obtidos por meio de simulações computacionais de um ambiente hipotético.

Para isso, foram definidos diferentes cenários com base nos seguintes aspectos: presença de elementos externos, como projeção de beirais e edificações obstruidoras do entorno imediato; largura, posição e ângulo de abertura da porta de entrada; possibilidades de abertura da porta holandesa; e diferentes arranjos com base no formato e nos padrões de distribuição das áreas envidraçadas da porta.

Considerando todos os resultados alcançados, pode-se dizer que a porta tem influência relevante no desempenho luminoso de espaços internos na região dos trópicos. Assim como a janela, a porta afeta a quantidade e a distribuição da luz natural que entra no espaço, a depender de fatores como orientação solar, tamanho e posição, entre outros aspectos já mencionados. Em algumas situações, além da iluminação, ela também pode ser usada como complemento da ventilação e acessibilidade, permitindo a ventilação natural e o acesso a áreas externas, o que pode influenciar o conforto e a qualidade do ar de ambientes internos. Além de sua função prática, a porta desempenha um papel importante no design de interiores: portas de vidro ou com detalhes em vidro podem ser escolhidas para adicionar estilo e permitir a entrada de luz natural, ao mesmo tempo.

### *Presença de elementos externos*

Os resultados obtidos demonstraram que a presença de elementos externos pode ser determinante nas condições de conforto visual de um ambiente, quando este é iluminado através de uma porta.

Apesar da autonomia de luz natural diminuir com o aumento da projeção do beiral, percebe-se que essa variável não interfere na meta pré-estabelecida pelo RTQ-R. Tal resultado pode ser explicado pelo fato da cidade de Maceió estar localizada próxima aos trópicos, onde a incidência da luz natural é abundante, e também em razão do ambiente em análise não requerer níveis elevados de iluminância para garantia de uma iluminação

adequada. Outros aspectos como a proporção entre as dimensões da abertura e a profundidade do ambiente, bem como a ausência de obstruções externas, podem ter impactado nesses resultados. Em contrapartida, o ambiente recebe uma quantidade excessiva de luz solar direta quando a abertura da porta está orientada a Oeste. Nessa situação, é recomendável que ela seja garantida por uma proteção que ao menos neutralize as condições de exposição direta aos raios solares.

Verificou-se também que beirais mais proeminentes podem atenuar de forma significativa os valores da EMA, contribuindo para uma melhor distribuição da luz natural no ambiente interno.

Quanto à influência das obstruções do entorno imediato, percebe-se que elas só passam a interferir na suficiência de luz natural do ambiente quando atingem grandes alturas. Por outro lado, quanto maior for a altura das edificações adjacentes, menor a probabilidade de desconforto visual gerado pelos raios solares diretos que penetram no ambiente. Prédios de seis andares, com afastamento de 12 metros entre os limites dos lotes, que resultam em um ângulo de obstrução de 30°, já influenciam nesse resultado desejável.

Os resultados também demonstraram que uma porta semiaberta, com um ângulo de abertura de 60°, ao ser comparada com uma porta totalmente aberta, pode reduzir os valores das iluminâncias médias globais em até 47%, com o consequente aumento da uniformidade média anual, que teve variação máxima de 26%. Não obstante, o iluminamento mínimo recomendado pela NBR 15575-1 foi atingido em todas as situações.

#### *Largura da porta de entrada*

Com relação ao parâmetro largura, depreende-se que portas mais largas aumentam a autonomia de luz natural no espaço, que, nesse caso, se mantém acima de 70% em todos os cenários, atingindo a meta do requisito de bonificação do RTQ-R, e conservando o nível de iluminância mínimo de 120 lx em mais de 95% das horas diárias em um ano. Mas, com o aumento da largura da porta, as condições de conforto visual decorrentes da exposição solar anual ficaram comprometidas para a maioria das orientações, considerando que o aumento da superfície de abertura contribuiu para uma exposição direta ao sol considerada excessiva, acima de 1.000 lx em mais de 10% da área analisada, em 250 horas anuais.

Verificou-se também que aumentar a largura da porta de entrada aumenta consideravelmente os valores de EMA: triplicar a largura pode implicar num incremento superior a 200% nos valores das iluminâncias. É importante atentar que áreas com valores de

iluminância acima de 3.000 lx são consideradas zonas desconfortáveis quanto à iluminação natural, podendo ocasionar contrastes indesejados e ofuscamento.

Para essa situação em específico, a UMA apresentou um comportamento diferente: aumentar a largura e, conseqüentemente, as iluminâncias internas, significou aumentar a uniformidade média anual. Mas até certo ponto esse incremento se estabilizou, mantendo-se constante.

Quando a utilização de portas com grandes vãos for imperativa em um projeto, é importante prever soluções arquitetônicas capazes de promover um sombreamento eficaz dessa abertura, através da instalação de dispositivos de proteção solar, priorizando a sua inserção nas fachadas menos expostas à incidência solar direta, como é o caso das fachadas Sul e Sudeste.

#### *Posição de porta de entrada*

Considerando as possibilidades de posicionamento da porta no vão da parede, os resultados revelaram que portas de entrada localizadas nas extremidades resultam em menor autonomia de luz natural se comparadas a portas centralizadas no vão. Porém, essa interferência não se mostrou tão significativa, tendo em vista que apenas o cenário em que a porta estava sob a orientação Sul apresentou percentuais inferiores a 70% para a ALNe, e que o ambiente atingiu a meta de desempenho superior de 120 lx em mais de 75% das horas anuais. Em relação à ESA, o deslocamento da porta em direção à extremidade também não se mostrou relevante, mantendo praticamente as mesmas condições de exposição solar anual para a maioria das orientações.

Os resultados também demonstraram que aberturas centralizadas proporcionam ambientes mais iluminados e com uma melhor distribuição da luz natural. Ao se descolar a porta do centro em direção a uma das extremidades, a EMA pode reduzir até 22%, e a UMA em torno de 30%.

#### *Ângulo de abertura da porta de entrada*

Com relação ao ângulo de abertura da porta, é importante relembrar que o impacto dessa variável na iluminação do ambiente está intrinsecamente ligado à intervenção humana para controlar a entrada de luz natural no espaço interno.

Quanto menor o ângulo de abertura, menor a provisão de luz natural no interior do ambiente. Com uma abertura de 45°, as iluminâncias médias podem decair pela metade. No entanto, a UMA não apresenta um padrão de comportamento: devido a alguns setores do

ambiente ficarem pouco iluminados em decorrência do ângulo de abertura da porta, que faz com que ela se torne uma barreira para a passagem da luz, os valores mais baixos das iluminâncias (situados atrás da porta) contribuem para que a média seja muito baixa, mesmo que a disponibilidade de luz natural seja maior em algumas situações, como é o caso da abertura de 135°.

Também foi possível verificar que a partir de determinado grau de abertura, a porta pode contribuir para um desempenho luminoso insatisfatório, impactando de forma considerável na quantidade e na suficiência da luz natural no ambiente. Para um ângulo de 45° de abertura, o ambiente não alcança a meta de iluminância natural de 120 lx em 70% da área analisada em qualquer das orientações simuladas, e o percentual de horas anuais em que o ambiente atinge esse iluminamento mínimo não ultrapassa os 52%.

#### *Porta holandesa*

Na análise da influência das possibilidades de abertura da porta holandesa, os resultados demonstraram que aberturas superiores contribuem para uma maior disponibilidade de luz natural no interior do ambiente, em comparação com aberturas situadas abaixo do plano de trabalho. Se apenas a seção superior da porta estiver aberta, os valores das iluminâncias médias anuais podem reduzir em até aproximadamente 30%; caso a seção aberta seja a inferior, essa redução pode ficar próxima de 80%, indicando que aberturas localizadas abaixo do plano de trabalho pouco contribuem para a provisão de luz natural em um ambiente interno. Contudo, viabilizar a entrada da luz somente pela abertura inferior, pode resultar em uma distribuição mais uniforme das iluminâncias, embora essa abordagem seja inviável na prática, devido à considerável redução na luminosidade do ambiente.

Em relação à suficiência de luz natural, constatou-se que manter apenas a seção superior da porta aberta garante o atendimento aos requisitos de bonificação do RTQ-R. No entanto, a abertura inferior não assegura o cumprimento dos critérios do manual, além de atingir a meta de iluminamento mínimo de 120 lx em menos de 40% das horas diárias no decorrer de um ano.

No que se refere às condições de ESA, enquanto que abrir apenas a parte superior da porta holandesa não altera as condições de exposição aos raios solares em relação a uma porta completamente aberta, pode-se dizer que manter somente a seção inferior aberta é garantia de níveis aceitáveis de exposição direta ao sol, independente da orientação. Esse resultado pode ser atribuído ao fato de a maior parte da luz natural ser proveniente da luz refletida e não da luz direta, para esse cenário em específico.

### *Formato e distribuição das áreas envidraçadas da porta de entrada*

Os resultados obtidos para o grupo de simulações que avalia a influência do formato e da distribuição das áreas envidraçadas da porta no desempenho luminoso do ambiente, demonstram que fechar um vão aberto com uma superfície envidraçada representa diminuição significativa na autonomia de luz natural de um espaço, principalmente naquelas fachadas que possuem menor exposição à radiação solar direta.

Para um mesmo percentual de abertura, áreas envidraçadas distribuídas uniformemente, independente da forma, assumem valores semelhantes para a ALNe. Uma única abertura lateral (alongada na vertical) apresenta comportamento similar a uma única abertura central. Portas com aberturas localizadas apenas na parte inferior, e portas que combinam aberturas nas partes inferior e superior da folha, apresentam resultados muito baixos, tendo em vista que não abrangem o plano de referência para medição das iluminâncias, comprometendo, assim, o iluminamento do plano de trabalho. Aberturas superiores, por sua vez, proporcionam uma melhor distribuição do fluxo luminoso, resultando em um aumento nos níveis de iluminação das áreas mais distantes da abertura.

Quanto à exposição solar anual, a inserção do vidro em uma abertura pode não alterar as condições de exposição direta ao sol, apesar de reduzir em até 37% os níveis de iluminamento de um ambiente interno. Ambientes em que a porta de entrada possui elementos envidraçados situados na zona central ou na zona superior da folha, estão mais propensos a condições insatisfatórias de exposição aos raios solares, principalmente nas orientações que estão sujeitas à exposição solar direta mais intensa. Isso porque aberturas mais altas e aberturas localizadas ao nível do plano de trabalho proporcionam maior disponibilidade de iluminação natural no interior do ambiente.

Para uma mesma área de abertura, distribuída uniformemente em várias outras aberturas (independente do formato adotado), os valores das iluminâncias médias globais são semelhantes, apresentando uma variação sutil. Quando a superfície de vidro está em posições mais altas, acima do plano de referência, ou disposta de maneira a abranger a altura do plano de trabalho, os valores das iluminâncias são mais elevados. Em contrapartida, aberturas inferiores apresentam iluminâncias médias anuais insignificantes, que não atingem nem os níveis mínimos de iluminância natural de 60 lx estabelecido pela NBR 15575-1.

Em se tratando da distribuição das iluminâncias, uma abertura localizada na região inferior da porta pode proporcionar níveis elevados de uniformidade média anual, em consequência da ausência de contrastes elevados. Já os resultados mais baixos da UMA, pelo motivo oposto (presença de contrastes elevados), ocorrem quando a abertura se situa no

mesmo nível do plano de medição das iluminâncias.

Com base em todas as análises realizadas, pode-se concluir que a porta de entrada, para esse contexto específico, pode atender às condições de conforto luminoso estabelecidas pelas normas selecionadas para o estudo. Mas esse atendimento depende da combinação de um conjunto de variáveis que influenciam diretamente na disposição da luz natural no interior do ambiente; entre elas podem ser mencionadas a orientação em relação ao sol, o posicionamento, o tamanho e a distribuição das aberturas, as obstruções externas, o uso de dispositivos de controle solar, o *layout* do mobiliário, o material das superfícies internas, o uso de vidros, entre outras.

Quando a variável selecionada diz respeito a aspectos característicos da própria porta, como largura, posição e tipo de abertura, percebe-se o quão importante é a configuração dessa peça na concepção dos espaços. Ela não apenas permite a entrada de luz do exterior, mas também influencia na qualidade, quantidade e distribuição da luz natural, impactando no conforto luminoso, na eficiência energética e na estética dos espaços internos.

Dessa forma, este trabalho suscitou o levantamento de uma questão importante, pouco explorada até hoje: a relação entre esse elemento arquitetônico e o desempenho luminoso de ambientes internos, de forma a acrescentar subsídios para a discussão sobre como conjugar as melhores estratégias arquitetônicas para o uso da porta de entrada de residências.

## LIMITAÇÕES DA PESQUISA E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No decorrer do trabalho, foi possível verificar que um ponto que limitou a abrangência do estudo e a aplicabilidade dos resultados obtidos diz respeito à utilização de um único modelo de ambiente. A geometria de um espaço, bem como o número de aberturas que ele contempla e as características ópticas de suas superfícies, podem afetar a validade e a generalização de resultados.

Nesse sentido, como sugestões para pesquisas futuras, propõem-se estudos que busquem avaliar:

- diferentes modelos de ambientes, com variadas configurações espaciais e diferentes propriedades materiais dos elementos construtivos;
- a influência do uso de outros elementos externos ao ambiente, na disponibilidade de luz natural a partir da porta de entrada, como toldos, marquises e outros dispositivos de proteção solar; a varanda também pode ser estudada como variável externa ao

ambiente, tendo em vista que é um elemento recorrente na arquitetura residencial brasileira; e

- a influência da porta de entrada em conjunto com a(s) janela(s), na provisão de luz natural no interior do ambiente.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual técnico de caixilhos, janelas:** aço, alumínio, vidros, PVC, madeira, acessórios, juntas e materiais de vedação. São Paulo: Pini, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:** Iluminação de Ambientes de Trabalho Parte 1: Interior. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 54 p. ISBN 978-85-07-04141-2.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10821-1:** Esquadrias para edificações Parte 1: Esquadrias externas e internas – Terminologia. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 15 p. ISBN 978-85-07-06809-0.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11742:** Porta corta-fogo para saída de emergência. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 29 p. ISBN 978-85-07-07626-1.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12286:** Roteiro para elaboração e apresentação do Código de Obras – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 25 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15215-3:** Iluminação Natural – Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2005a. 36 p. ISBN 978-85-07-00503-2.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15215-4:** Iluminação Natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação natural interna. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2023. 47 p. ISBN 978-85-07-09722-8.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220-3:** Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2005b. 30 p. ICS 91.200.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-1:** Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais. 5 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. 98 p. ISBN 978-85-07-08724-3.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15930-1:** Portas de madeira para edificações – Parte 1: Terminologia e simbologia. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 48 p. ISBN 978-85-07-03067-6.

ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS. SN 418911: **Eclairage intérieur par la lumière du jour.** Association Suisse des Electriciens. Zurich: ASE, 1989.

ÁVILA, A.; GONTIJO, J. M. M.; MACHADO, R. G. **Barroco Brasileiro – Glossário de Arquitetura e Ornamentação.** Rio de Janeiro: Gráfica Danúbio S.A., 1979. 223 p.

BAKER, N. V.; FANCHIOTTI, A.; STEEMERS, K. **Daylighting in architecture: A European Reference Book**. London: James & James Editors, 1993. 380 p. ISBN 9781849713009.

BAKER, N. V.; STEEMERS, K. **Daylighting design of buildings**. Londres: James & James Editors, 2002. 250 p. ISBN 1-873936-88-5.

BARROS NETTO, S. A. de.; SALOMÃO, P. H. **Arkpad**. São Paulo, 2010. Disponível em: <https://arkpad.com.br>. Acesso em: 12 fev. 2023.

BASULTO, D.; ASSAEL, D. **Archdaily**. Santiago do Chile, 2008. Disponível em: <https://archdaily.com.br>. Acesso em: 12 fev. 2023.

BITTENCOURT, L. **Uso das cartas solares: diretrizes para arquitetos**. 4. ed. Maceió: EDUFAL, 2004. 109 p. ISBN 85-7177-064-6.

BITTENCOURT, L.; OITICICA, M. L. G. da R.; PÁDUA, A. de; FONTAN, R. Influência da localização, dimensão e forma das janelas nos níveis de iluminação natural produzidos por céus encobertos. *In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 1. ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., 1995, Gramado, RS. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 1995. p. 571-576.

BOGO, A. J.; PEREIRA, F. O. R.; CLARO, A. Avaliação quantitativa e direcional da admissão de luz natural através de janelas com elementos de controle solar. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 1, n. 4, p. 91–110, 2009. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v1i4.8634503>. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8634503>. Acesso em: 25 maio 2023.

BRANDÃO, H; MARTINS, A. A varanda como espaço privado e espaço público no ambiente da casa. **Vitruvius**, São Paulo, n. 102.04, nov. 2008. ISSN 1809-6298. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/09.102/95>. Acesso em: 9 abr. 2023.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO. **Portaria Nº 18, de 16 de janeiro de 2012**. Rio de Janeiro, 2012.

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.

CABÚS, R. C.; RIBEIRO, P. V. S. **TropLux 7: Guia do Usuário**. Maceió: Instituto Lumeeiro, 2015.

CABÚS, R. C. **Tropical Daylighting: predicting sky types and interior illuminance in Northeast Brazil**. 2002. 288 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – School of Architectural Studies, University of Sheffield, Sheffield, England, 2002.

CABÚS, R. C. TropLux: Um sotaque tropical na simulação da luz natural em edificações. *In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4. ENCONTRO NACIONAL SOBRE O CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2005, Maceió. Anais [...].* Porto Alegre: ANTAC, 2005. p. 240-249.

CAIO, F. F. da S. **Dispositivos de iluminação natural**: a sua evolução na arquitectura. Orientador: António Santa-Rita. 2011. 108 f. Dissertação (Mestrado em Arquitectura) – Escola de Comunicação, Arquitectura, Artes e Tecnologias da Informação, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, 2011.

CARVALHO, B. de A. **Higiene das construções**: teoria – projeto. 1. ed. Rio de Janeiro: Ao livro técnico, 1956.

CARVALHO, C. A. **Avaliação do sombreamento e da iluminação natural em apartamentos de edifícios residenciais verticais multifamiliares de Maceió-AL**: o uso de varandas. 2010. 198 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.

CASTRO, G. N. de. **Componentes de condução da luz natural em edifícios multifamiliares**. 2013. 127 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

CASTRO, G. N. de; LEDER, S. M.; SILVA, L. B. da S.; SOUZA, E. L. de. Componentes de condução da luz natural em edifícios multifamiliares: análise de um código de obras. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 25-45, abr./jun. 2015. ISSN 1678-8621. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000200012>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/tZfhMhKCLrVMfLBzfPqgMph/?lang=pt#>. Acesso em: 16 abr. 2023.

CAVALCANTE, S. A porta e suas múltiplas significações. **Estudos de Psicologia**, Natal, v. 8, n. 2, p. 281-288, ago. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-294X2003000200010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epsic/a/Z46bWt8mjzGqb8nPsmVDCJm/?lang=pt>. Acesso em: 27 jan. 2022.

CHING, F. D. K. **A visual dictionary of architecture**. United States of America: John Wiley & Sons, 1995. 319 p. ISBN 0-741-28451-3.

CHING, F. D. K. **A visual dictionary of architecture**. 2. ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2012. 328 p. ISBN 978-1-118-10488-0.

CIE - COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE - CIE DS 011.2/E:2002. Spatial distribution of daylight - CIE standard general sky. Viena: CIE, 2002.

CORBEIL, J.; ARCHAMBAULT, A. **The visual dictionary of art & architecture**. Montreal: QA International, 2009. ISBN 978-2-7644-0877-3.

CORBELLA, O.; CORNER, V. **Manual da arquitetura bioclimática para a redução de consumo energético**. 1. ed. Rio de Janeiro: Revan, 2015. 112 p. ISBN 978-85-7106-408-9.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma Arquitetura Sustentável para os trópicos: conforto ambiental**. 2. ed. Rio de Janeiro: Revan, 2009. 308 p. ISBN 978-85-7106-397-6.

CORONA; LEMOS. **Dicionário da arquitetura brasileira**. 1. ed. São Paulo: Edart – São Paulo Livraria Editora LTDA, 1972.

DANIELESKI, C. B.; OLIVEIRA, M. F. de; MEDEIROS, D. R. Avaliação do desempenho da luz natural em ambientes residenciais. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, p. e019012, mar. 2019. ISSN 1980-6809. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8652735>. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8652735>>. Acesso em: 19 abr. 2023.

DAVIES, N.; JOKINIEMI, E. **Dictionary of Architecture and Building Construction**. 1. ed. Oxford: Routledge, 2008. 752 p.

DIAS, A. R. D.; CARVALHO, J. P. V.; HAZBOUN, V. D.; PEDRINI, A. Influência de métricas dinâmicas na avaliação do aproveitamento da luz natural em clima tropical. **Ambiente construído**, v. 18, n. 3, p. 29-47, set. 2018. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/78262>. Acesso em: 27 mar. 2022.

DIDONÉ, E. L.; PEREIRA, F. O. R. O potencial da luz natural na economia de energia elétrica para iluminação artificial. **Revista Tecnológica**, Edição Especial ENTECA 2009, p. 25-35, 8 jan. 2010. DOI: <https://doi.org/10.4025/revtecnol.v0i0.8708>. Disponível em: <https://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/8708>. Acesso em: 2 maio 2023.

FERREIRA, A. B. de H. **Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 5. ed. Curitiba: Regis LTDA, 2010.

FRANÇA, F. P. de M.; CARVALHO, C. A. de.; CABÚS, R. C. A influência do uso de varandas na iluminação natural em salas de estar/jantar em edifício residencial multifamiliar na cidade e Maceió-AL. *In*: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6. ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2009, Natal. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2009. p. 1330-1338.

FUÃO, F. F. **A porta**. Disponível em: <https://fernandofuao.blogspot.com/2016/09/a-porta-fernando-fuao-figura.html>. Acesso em: 16 mar. 2022.

GONÇALVES, J. C. S.; VIANNA, N. S.; MOURA, N. C. da S. **Iluminação natural e artificial**. Rio de Janeiro: PROCEL Edifica – Eficiência energética em edificações, ago. 2011. GUIDI, C. R.; ABRAHÃO, K. C. de F. J.; VELOSO, A. C. O.; SOUZA, R. V. G. de. Influência dos parâmetros urbanísticos e da topografia na admissão da luz natural em edifícios residenciais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 49-66, jul./set. 2018. ISSN 1678-8621 DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000300267>.

GUISI, E.; TINKER, J. A.; IBRAHIM, S. H. Área de janela e dimensões de ambientes para iluminação natural e eficiência energética: literatura versus simulação computacional. **Ambiente construído**, v. 5, n. 4, p. 81-93, out./dez. 2005. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3659>. Acesso em: 28 maio 2022.

GURGEL, M. **Projetando espaços**: guia de arquitetura de interiores para áreas residenciais. 8. ed. São Paulo: Senac São Paulo, 2020. 239 p.

HAREDY, A. **Simulation of photovoltaic airflow windows for indoor thermal and visual comfort and electricity generation**. 2016. 295 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Clima Urbano) – Departamento de Arquitetura e Clima Urbano, Universidade de Nottingham, Nottingham, 2016.

HOLANDA, A. de. **Roteiro para construir no Nordeste**: Arquitetura como lugar ameno nos trópicos ensolarados. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, Mestrado de Desenvolvimento Urbano, 1976. 48 p.

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

ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. **The Lighting Handbook**: reference & applications. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2011.

JAIN, S. Illuminating spaces: how different types of fenestration affect daylight. *In*: Voices. **TOI BLOGS**. Índia, 2 jul. 2023. Disponível em: <https://timesofindia.indiatimes.com/blogs/voices/illuminating-spaces-how-different-types-of-fenestration-affect-daylight/?source=app&frmapp=yes>. Acesso em: 3 jul. 2023.

JAIN, S. The significance of design in fenestration. *In*: Voices. **TOI BLOGS**. Índia, 31 ago. 2022. Disponível em: <https://timesofindia.indiatimes.com/blogs/voices/the-significance-of-design-in-fenestration/?source=app&frmapp=yes>. Acesso em: 3 jul. 2023.

JORGE, L. A. **O desenho da janela**. São Paulo: Anna Blume, 1995. 160 p. ISBN 978-8585596422.

KLEINDIENST, S.; ANDERSEN, M. Comprehensive annual daylight design through a goal-based approach. **Building Research and Information**, v. 40, n. 2, p. 154–173, fev. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09613218.2012.641301>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/239789800\\_Comprehensive\\_Annual\\_Daylight\\_Design\\_through\\_a\\_Goal-Based\\_Approach](https://www.researchgate.net/publication/239789800_Comprehensive_Annual_Daylight_Design_through_a_Goal-Based_Approach). Acesso em: 3 maio 2023.

KOENISGBERGER, O. H.; INGERSOLL, T. G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S. V. **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales**. Madrid: Paraninfo, 1977. 288 p. ISBN 978-84-2830-885-4.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; DAMASO, G. M.; PINA; S. A. M. G.; BORGES FILHO, F.

Aspectos de conforto ambiental de descrições de espaços construídos na literatura brasileira. *In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 7. CONFERÊNCIA LATINOMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, 3., 2003, Curitiba. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2003. p. 1333-1340.

LARANJA, A. C. **Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno**. 2010. 242 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

LEDER, S. M.; LEAL, L. Q.; LIMA, E. F. C. Percentual de abertura na fachada e tipos de fechamento no desempenho lumínico da edificação. *In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 13., 2015, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: ANTAC, 2015. Disponível em: <http://www.ct.ufpb.br/labcon/contents/menu/artigos-em-anais-de-congresso>. Acesso em: 2 abr. 2023.

LEICK, G. **A Dictionary of Ancient Near Eastern Architecture**. London: Routledge, 1988. 261 p. ISBN 0-203-19965-0.

LEMONS, C. B.; MARTINS, C. M. M.; BOIS, M. C. M. S. O século XIX na paisagem cultural ouro-pretana: cotidiano, arquitetura e modernidade imperial. *In: SEMINÁRIO SOBRE A ECONOMIA MINEIRA*, 12., 2006, Minas Gerais. **Anais [...]**. Minas Gerais: Cedeplar – UFMG, 2006. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/6519914.pdf>. Acesso em: 28 maio 2023.

LIMA, R. C. **Interferência do entorno construído na disponibilidade de luz natural no interior do ambiente no litoral norte de Maceió – AL**. 2015. 132 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2015.

MACEIÓ. Lei Municipal N° 5.593, de 08 de fevereiro de 2007. Institui o Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió. **Diário Oficial de Maceió**: Maceió, AL, p. 1-150, 09 fev. 2007.

MAPELLI, Y. R.; LARANJA, A. C.; ALVAREZ, C. E. de. Interferência das aberturas na disponibilidade de iluminação natural de ambiente interno associado a uma varanda. *In: ENCONTRO SOBRE REABILITAÇÃO URBANA E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: DO EDIFÍCIO PARA A ESCALA URBANA*, 2., 2017, Lisboa. **Livro de Atas [...]**. Lisboa: Associação iiSBE-Portugal, 2017. p. 241-250.

MARDALJEVIC, J.; CHRISTOFFERSEN, J. A Roadmap for upgrading national/EU standards for daylight in buildings. *In: SESSION OF THE CIE SUN CITY*, 28., 2013, Paris. **Proceedings [...]**. Paris: CIE, 2013.

MARDALJEVIC, J. **Daylight metrics and energy savings**. California: SAGE, 2011.

MARDALJEVIC, J.; HESCHONG, L.; LEE, E. Daylight metrics and energy savings. **Lighting Research & Technology**, v. 41, n. 3, p. 261-283, 2009.

MARDALJEVIC, J.; ANDERSEN, M.; ROY, N.; CHRISTOFFERSEN, J. Daylighting metrics: is there a relation between useful daylight illuminance and daylight glare probability? *In: BUILDING SIMULATION AND OPTIMIZATION CONFERENCE*, 1., 2012, Loughborough, UK. **Proceedings** [...]. Loughborough, UK: IPBSA-England, 2012.

MARTAU, B. T.; SCARAZZATO, P. S. Impactos não visuais da iluminação. *In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 6. ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2009, Natal. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2009. p. 1357-1366.

MORAES, L. M.; PEREIRA, M. da S. Sacadas cariocas: varandas em ferro no Rio de Janeiro. **Vitruvius**, São Paulo, n. 207.02, ago. 2017. ISSN 1809-6298. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/18.207/6662>. Acesso em: 28 maio 2023.

NASCIMENTO, T.; BATISTA, J. Avaliação da abordagem normativa da NBR 15575 para desempenho lumínico: estudo de caso em Maceió-AL. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 16., 2016, São Paulo. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2016, p. 1297-1309.

NAVARRO, R. F. A evolução dos Materiais. Parte 1: da Pré história ao Início da Era Moderna. **REMAP**, Campina Grande, v. 1, n. 1, p. 1-11, 2006. ISSN 1809-8797. Disponível em: <https://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/32246.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2022.

PAPAMANOLIS, N. An overview of the balcony's contribution to the environmental behaviour of buildings. *In: CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE*, 21., 2004, Edinburgh. **Proceedings** [...]. Edinburgh: PLEA, 2004. p. 19-22. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/An-Overview-of-the-Balcony%27s-Contribution-to-the-of-Papamanolis/3d6dccb23f541c901ec293603d0a995f9e08c21>. Acesso em: 12 abr. 2023.

PEREIRA, D. C. L. **Iluminação natural em edifícios de escritório**: metodologia para a avaliação do desempenho luminoso. 2017. 264 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

PRADO, L. C. do. Iluminação. **Iluminação Natural**. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, f. 4, 1962.

RAMOS, G.; GUISI, E. Avaliação do cálculo da iluminação natural realizada pelo programa Energyplus. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 157-169, abr./jun. 2010. ISSN 1678-8621.

REINHART, C.; MARDALJEVIC, J.; ROGERS, Z. Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. **Leukos**, Ottawa, v. 3, n. 1, p. 7-31, 2006.

REIS FILHO, N. G. **Quadro da arquitetura no Brasil**. 9. ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2000. 216 p.

RIBEIRO, P. V. S. **A malha de pontos de simulação e o cálculo das métricas de avaliação do desempenho da luz natural**: estudo e proposta de distribuições não uniformes. 2021.

265 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação Dinâmicas do Espaço Habitado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2020.

RIBEIRO, P. V. S. **Sistemas avançados em iluminação natural**: análise da influência da configuração urbana na aplicação do painel de corte a laser em Maceió. 2017. 127 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação Dinâmicas do Espaço Habitado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2017.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. 3. ed. São Paulo: UnB, 2013. 128 p. ISBN 978-85-2301-090-4.

SERAJ, F.; JOARDER, A. R. Performance evaluation of window location and configuration to improve daylighting of residential apartment buildings. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GREEN ARCHITECTURE*, 2., 2018, Dhaka, Bangladesh. **Proceedings** [...]. Dhaka, Bangladesh: ICGrA, jul. 2018.

RUPP, R. F.; GHISI, E. Potencial de economia de energia elétrica através do uso da luz natural e da ventilação híbrida em edifícios comerciais em Florianópolis. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 75-86, out./dez. 2013. ISSN 1678-8621. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/5jn4Hf59G9846V5NVLsH5MR/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 2 maio 2023.

SENNA, M. M.; LARANJA, A. C. Iluminação natural: A influência da integração de varanda ao ambiente interno. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2018, p. 815-824.

SILBERMANN, B.; SHARP, E.; SCIARRA, P. **Pinterest**. Califórnia, 2008. Disponível em: <https://br.pinterest.com>. Acesso em: 12 fev. 2023.

SILVA, D. P. **Desempenho luminoso em diferentes geometrias de cozinhas**: uma análise em edificações multifamiliares em Vitória – ES. 2022. 107 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro de Artes, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2022.

SILVA, S. B. de J. **A janela**: relações e transformações no contexto da história da arquitetura. 2008. 254 f. Prova final (Licenciatura em Arquitetura) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Arquitectura, Universidade de Coimbra. Coimbra, Portugal, 2008.

TECHIO, L. M.; ZAMBONATO, B.; GRIGOLETTI, G. de C.; CLARO, A. Iluminação natural em habitação multifamiliar: o caso do conjunto residencial videiras, Santa Maria, RS. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 12, p. e021007, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v12i00.8659780>.  
TREGENZA, P.; LOE, D. **The design of lighting**. London: Spon Press, 1998.

TRIKEM SA. **Sistemas em PVC na construção civil**. 2. ed. [s. l.], 1997.

VASCONCELLOS, L. T. de M. **Luz natural e latitude**: a influência da localização

geográfica no desempenho luminoso de projeto padrão de sala de aula. 2019. 105 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

VELOSO, Maísa. Arquitetura e enfrentamento de pandemias no século XXI: por um higienismo mais humanista. **Projetar – Projeto e percepção do ambiente**, Natal, v. 5, n. 3, p. 203-205, 22 set. 2020. ISSN 2448-296X. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/revprojetar/article/view/22696>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

VIANNA, N. S.; GONÇALVES, J. C. **Iluminação e arquitetura**. São Paulo: Geros, 2007.

VIEIRA, K. M. G. **Tecnologia, cultura e funções de portas de moradias no cotidiano da sociedade**: configurações, usos e significados. 2011. 226 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

WALSH, A.; CÓSTOLA, D.; LABAKI, L. **Proposta de zoneamento climático brasileiro para edificações residenciais**. 1. ed. São Paulo: Angélica Walsh, 2023. 102 p. ISBN 978-65-00-62282-9.

WEISS, J. M. G. A Competitividade da Indústria Brasileira de Alumínio: Avaliação e Perspectivas. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 48-59, jan./mar. 1992. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-75901992000100006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rae/a/7TK8vsLjkbPXFrwz4R7Nr3D/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 12 dez. 2022.

WESTPHAL, F. S. **Manual Técnico do Vidro Plano para Edificações**. São Paulo: Abividro, 2016. 184 p. ISBN 978-85-5778-000-2.

## APÊNDICE A – RESULTADOS OBTIDOS NAS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

Presença de elementos externos – Projeções da cobertura

Resultados de EMA (1x)

	MR	P40	P80	P120
ORIENTAÇÃO	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL
S	525	495	435	354
SO	698	665	550	416
O	1007	990	761	560
NO	1004	952	757	541
N	884	847	666	426
NE	867	831	674	493
L	846	827	668	511
SE	656	629	533	410

Resultados de UMA (%)

	MR	P40	P80	P120
ORIENTAÇÃO	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL
S	26	25	26	26
SO	24	23	25	26
O	19	19	22	25
NO	20	20	23	25
N	22	22	24	27
NE	21	21	23	25
L	20	20	22	24
SE	23	23	24	25

Resultados de ALN (%)

ORIENTAÇÃO	MR	P40	P80	P120
S	87	86	85	83
SO	88	87	86	84
O	89	89	88	87
NO	89	89	88	87
N	88	88	87	86
NE	89	89	89	87
L	89	89	89	87
SE	88	88	87	86

Resultados de ALNe (%)

ORIENTAÇÃO	MR	P40	P80	P120
S	98	96	95	94
SO	98	98	98	95
O	100	100	100	98
NO	100	100	100	98
N	100	100	98	98
NE	100	100	99	96
L	100	98	98	98
SE	98	98	96	96

Resultados de ESA (%)

ORIENTAÇÃO	MR	P40	P80	P120
S	0	0	0	0
SO	3,7	3,7	3,7	2,5
O	11,1	11,1	11,1	6,2
NO	7,4	6,2	6,2	6,2
N	3,7	3,7	3,7	0
NE	4,9	4,9	4,9	0
L	4,9	4,9	3,7	2,5
SE	2,5	2,5	1,2	0

Presença de elementos externos – Ângulos de obstrução do entorno imediato

Resultados de EMA (lx)

	MR	O30	O45	O60
ORIENTAÇÃO	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL
S	525	462	425	397
SO	698	621	557	484
O	1007	874	725	549
NO	1004	883	729	536
N	884	786	716	558
NE	867	751	632	509
L	846	732	627	512
SE	656	575	522	452

Resultados de UMA (%)

	MR	O30	O45	O60
ORIENTAÇÃO	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL
S	26	26	26	27
SO	24	24	25	27
O	19	21	22	24
NO	20	21	23	25
N	22	22	23	25
NE	21	22	23	25
L	20	21	22	24
SE	23	24	25	26

Resultados de ALN (%)

ORIENTAÇÃO	MR	O30	O45	O60
S	87	82	81	80
SO	88	84	82	80
O	89	84	81	77
NO	89	84	80	74
N	88	84	82	76
NE	89	85	81	77
L	89	85	83	81
SE	88	84	82	81

Resultados de ALNe (%)

ORIENTAÇÃO	MR	O30	O45	O60
S	98	90	91	90
SO	98	98	96	86
O	100	100	96	73
NO	100	98	77	52
N	100	100	94	62
NE	100	98	83	68
L	100	98	98	93
SE	98	98	98	94

Resultados de ESA (%)

ORIENTAÇÃO	MR	O30	O45	O60
S	0	0	0	0
SO	3,7	3,7	2,5	2,5
O	11,1	6,2	3,7	2,5
NO	7,4	6,2	3,7	2,5
N	3,7	3,7	3,7	3,7
NE	4,9	4,9	2,5	2,5
L	4,9	4,9	3,7	2,5
SE	2,5	2,5	2,5	1,2

## Largura da porta de entrada

## Resultados de EMA (lx)

	MR	D1	D2
ORIENTAÇÃO	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL
S	525	1087	1632
SO	698	1435	2138
O	1007	2062	3086
NO	1004	2064	3109
N	884	1806	2742
NE	867	1792	2682
L	846	1738	2603
SE	656	1352	2027

## Resultados de UMA (%)

	MR	D1	D2
ORIENTAÇÃO	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL
S	26	30	31
SO	24	27	28
O	19	22	22
NO	20	22	22
N	22	24	24
NE	21	23	23
L	20	23	24
SE	23	27	28

## Resultados de ALN (%)

ORIENTAÇÃO	MR	D1	D2
S	87	95	98
SO	88	95	98
O	89	95	98
NO	89	95	98
N	88	95	98
NE	89	95	98
L	89	95	98
SE	88	95	98

## Resultados de ALNe (%)

ORIENTAÇÃO	MR	D1	D2
S	98	100	100
SO	98	100	100
O	100	100	100
NO	100	100	100
N	100	100	100
NE	100	100	100
L	100	100	100
SE	98	100	100

## Resultados de ESA (%)

ORIENTAÇÃO	MR	D1	D2
S	0	0	0
SO	3,7	8,6	16,0
O	11,1	22,2	32,1
NO	7,4	16,0	25,9
N	3,7	6,2	11,1
NE	4,9	9,9	13,6
L	4,9	11,1	17,3
SE	2,5	4,9	7,4

## Posição da porta de entrada no ambiente

## Resultados de EMA (1x)

	MR	PI	PC
ORIENTAÇÃO	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL
S	525	508	432
SO	698	652	539
O	1007	988	847
NO	1004	995	886
N	884	844	744
NE	867	845	752
L	846	820	738
SE	656	646	571

## Resultados de UMA (%)

	MR	PI	PC
ORIENTAÇÃO	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL
S	26	20	19
SO	24	19	19
O	19	15	15
NO	20	15	14
N	22	17	16
NE	21	16	16
L	20	16	15
SE	23	18	16

## Resultados de ALN (%)

ORIENTAÇÃO	MR	PI	PC
S	87	84	75
SO	88	86	80
O	89	87	84
NO	89	88	83
N	88	86	81
NE	89	87	83
L	89	88	83
SE	88	87	79

## Resultados de ALNe (%)

ORIENTAÇÃO	MR	PI	PC
S	98	93	68
SO	98	95	78
O	100	98	95
NO	100	99	95
N	100	98	85
NE	100	98	88
L	100	98	84
SE	98	95	73

## Resultados de ESA (%)

ORIENTAÇÃO	MR	PI	PC
S	0	0	0
SO	3,7	3,7	2,5
O	11,1	11,1	7,4
NO	7,4	6,2	9,9
N	3,7	3,7	3,7
NE	4,9	4,9	3,7
L	4,9	4,9	3,7
SE	2,5	2,5	1,2

## Ângulo de abertura da porta de entrada

### Resultados de EMA (lx)

	MR	A135	A90	A45
<b>ORIENTAÇÃO</b>	<b>GLOBAL</b>	<b>GLOBAL</b>	<b>GLOBAL</b>	<b>GLOBAL</b>
S	525	496	380	295
SO	698	663	451	349
O	1007	976	714	538
NO	1004	971	798	630
N	884	846	665	557
NE	867	833	639	490
L	846	821	668	520
SE	656	637	529	429

### Resultados de UMA (%)

	MR	A135	A90	A45
<b>ORIENTAÇÃO</b>	<b>GLOBAL</b>	<b>GLOBAL</b>	<b>GLOBAL</b>	<b>GLOBAL</b>
S	26	9	17	11
SO	24	9	17	11
O	19	7	14	9
NO	20	7	13	8
N	22	8	14	9
NE	21	8	14	9
L	20	8	13	9
SE	23	9	15	10

### Resultados de ALN (%)

<b>ORIENTAÇÃO</b>	MR	A135	A90	A45
S	87	83	72	42
SO	88	84	74	43
O	89	86	79	48
NO	89	86	81	52
N	88	85	78	49
NE	89	86	80	49
L	89	86	80	50
SE	88	85	76	46

### Resultados de ALNe (%)

<b>ORIENTAÇÃO</b>	MR	A135	A90	A45
S	98	91	69	32
SO	98	93	72	37
O	100	95	80	40
NO	100	95	85	48
N	100	95	80	38
NE	100	95	83	43
L	100	94	80	49
SE	98	93	73	40

### Resultados de ESA (%)

<b>ORIENTAÇÃO</b>	MR	A135	A90	A45
S	0	0	0	0
SO	3,7	3,7	1,2	1,2
O	11,1	11,1	8,6	4,9
NO	7,4	6,2	6,2	4,9
N	3,7	3,7	2,5	2,5
NE	4,9	4,9	2,5	1,2
L	4,9	4,9	4,9	3,7
SE	2,5	2,5	2,5	2,5

## Diferentes possibilidades de abertura da porta holandesa

## Resultados de EMA (1x)

	MR	AS	AI
ORIENTAÇÃO	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL
S	525	369	141
SO	698	504	175
O	1007	764	216
NO	1004	755	223
N	884	688	180
NE	867	648	198
L	846	626	191
SE	656	481	163

## Resultados de UMA (%)

	MR	AS	AI
ORIENTAÇÃO	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL
S	26	21	31
SO	24	20	31
O	19	15	31
NO	20	16	31
N	22	18	33
NE	21	17	30
L	20	17	30
SE	23	20	31

## Resultados de ALN (%)

ORIENTAÇÃO	MR	AS	AI
S	87	80	25
SO	88	81	28
O	89	84	36
NO	89	84	40
N	88	83	39
NE	89	86	36
L	89	86	32
SE	88	84	26

## Resultados de ALNe (%)

ORIENTAÇÃO	MR	AS	AI
S	98	85	7
SO	98	84	7
O	100	89	9
NO	100	93	11
N	100	91	9
NE	100	95	9
L	100	95	7
SE	98	91	7

## Resultados de ESA (%)

ORIENTAÇÃO	MR	AS	AI
S	0	0	0
SO	3,7	3,7	2,5
O	11,1	9,9	2,5
NO	7,4	7,4	2,5
N	3,7	3,7	0
NE	4,9	4,9	1,2
L	4,9	4,9	1,2
SE	2,5	2,5	0

Diferentes possibilidades de formato e distribuição das áreas envidraçadas da porta de entrada

Resultados de EMA (lx)

	MR	VT	VH	VV	VQ
ORIENTAÇÃO	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL
S	525	332	54	56	68
SO	698	459	70	84	87
O	1007	697	83	133	150
NO	1004	686	81	151	125
N	884	584	67	99	119
NE	867	585	79	113	110
L	846	576	77	105	122
SE	656	431	66	75	88

	VL	VIS	VI	VC	VS
ORIENTAÇÃO	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL
S	95	83	14	130	160
SO	130	99	15	179	207
O	189	164	18	236	337
NO	186	147	19	268	299
N	164	110	18	264	236
NE	155	114	18	229	242
L	160	125	16	206	261
SE	124	89	15	170	189

Resultados de UMA (%)

	MR	VT	VH	VV	VQ
ORIENTAÇÃO	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL
S	26	15	18	14	15
SO	24	14	18	15	16
O	19	11	18	14	14
NO	20	11	18	14	15
N	22	13	19	14	14
NE	21	12	17	13	14
L	20	12	17	13	13
SE	23	14	18	14	15

	VL	VIS	VI	VC	VS
ORIENTAÇÃO	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL	GLOBAL
S	13	22	67	10	16
SO	14	23	69	10	15
O	12	19	68	9	11
NO	12	21	68	8	13
N	13	23	68	8	15
NE	12	20	68	8	13
L	11	19	68	9	12
SE	13	22	68	10	15

Resultados de ALN (%)

	MR	VT	VH	VV	VQ
ORIENTAÇÃO					
S	87	62	9	10	11
SO	88	66	10	10	11
O	89	73	12	12	13
NO	89	75	12	13	14
N	88	73	12	13	14
NE	89	76	13	13	15
L	89	76	13	14	14
SE	88	68	11	12	13

	VL	VIS	VI	VC	VS
ORIENTAÇÃO					
S	14	13	0	14	31
SO	15	14	0	14	31
O	16	16	0	15	35
NO	17	17	0	16	36
N	17	18	0	16	37
NE	18	19	0	17	39
L	18	19	0	16	39
SE	16	16	0	15	34

## Resultados de ALNe (%)

ORIENTAÇÃO	MR	VT	VH	VV	VQ
S	98	43	3	5	4
SO	98	51	3	5	4
O	100	65	4	6	7
NO	100	72	6	7	9
N	100	68	5	9	10
NE	100	75	7	11	11
L	100	70	6	10	10
SE	98	54	5	7	5

ORIENTAÇÃO	VL	VIS	VI	VC	VS
S	7	3	0	9	16
SO	6	1	0	9	15
O	7	3	0	9	20
NO	10	4	0	12	20
N	11	6	0	12	25
NE	14	11	0	12	26
L	10	7	0	12	25
SE	7	3	0	11	20

## Resultados de ESA (%)

ORIENTAÇÃO	MR	VT	VH	VV	VQ
S	0	0	0	0	0
SO	3,7	3,7	0	0	0
O	11,1	11,1	0	1,2	2,5
NO	7,4	7,4	0	1,2	1,2
N	3,7	3,7	0	0	0
NE	4,9	4,9	0	0	0
L	4,9	4,9	0	0	1,2
SE	2,5	2,5	0	0	0

ORIENTAÇÃO	VL	VIS	VI	VC	VS
S	0	0	0	0	0
SO	1,2	0	0	2,5	0
O	2,5	0	0	3,7	4,9
NO	2,5	0	0	3,7	1,2
N	0	0	0	3,7	0
NE	0	0	0	1,2	0
L	1,2	0	0	1,2	2,5
SE	0	0	0	0	0