

## **Análise de estratégias bioclimáticas em projeto arquitetônico de edificação residencial em Maceió/AL**

### *Analysis of bioclimatic strategies in architectural design of residential building in Maceió / AL*

**Karyna Santana, Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, Centro Universitário Tiradentes (UNIT/AL)**

kaysantana@gmail.com

**Sammea Ribeiro Granja Damasceno Costa, Doutoranda, Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo, Centro Universitário Tiradentes (UNIT/AL) - Orientadora**

sammea.arq@gmail.com

#### **Resumo**

Desempenho térmico é um dos fatores necessários à habitabilidade de uma edificação. A ventilação natural e a radiação permitem uma maior eficiência do produto concebido quanto ao clima que está inserido. Este artigo tem por objetivo analisar qualitativamente o projeto arquitetônico de uma edificação residencial fictícia na cidade de Maceió/AL, evidenciando o ponto de vista de um projeto bioclimático. Estabelecido o projeto da residência, foi analisada a adequação dos vãos das esquadrias e o equipamento mesa d'água foi utilizado para conferir a eficiência da ação dos ventos. Através das cartas solares foram avaliados o período de necessidade de sombreamento e o tipo de esquadria, definidas assim estratégias de proteção e verificada a eficiência através da maquete no equipamento Heliodon. Os resultados apontaram para estratégias satisfatórias, evidenciando a importância da integração entre a concepção e as questões ambientais como base das soluções para um projeto adequado ao local onde está inserido.

**Palavras-chave:** Arquitetura bioclimática; Conforto térmico; Projeto arquitetônico

#### **Abstract**

*Thermal performance is one of the factors necessary for the habitability of a building. The natural ventilation and the radiation allow a greater efficiency of the product conceived as for the climate that is inserted. This article aims to qualitatively analyze the architectural design of a fictitious residential building in the city of Maceió/AL, highlighting the point of view of a bioclimatic project. Established the residence project, the adequacy of the window frames was analyzed, and the water table equipment was used to check the efficiency of the winds action. Through the solar charts were evaluated the shadow period and the sill type, defined as the protection strategies and verified the mockup results on the Heliodon equipment. The results indicated satisfactory strategies,*



*highlighting the importance of the integration between a conception and as environmental issues as the basis of solutions for a project appropriated to the place it is inserted.*

**Keywords:** Bioclimatic architecture; Architectural design; Thermal comfort

## **1. Introdução**

De acordo com a Norma de Desempenho - NBR 15575 (ABNT, 2013), um dos fatores necessários à habitabilidade do usuário é o desempenho térmico das edificações. Segundo Frota *et. al.* (2016, p. 17), “A arquitetura, como uma de suas funções, deve oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano no interior dos edifícios, sejam quais forem as condições climáticas externas.” Portanto, desde Vitruvius, sabe-se que para isso é fundamental a consideração do clima e da natureza na concepção arquitetônica, podendo orientar adequadamente as edificações para atender as necessidades do usuário a partir da disponibilidade do sítio onde será locado.

Em locais de clima majoritariamente quente, evitar a radiação solar direta nas envoltórias e aberturas colabora com a prevenção de ganhos de calor na construção e a valorização da ventilação natural promove o deslocamento de ar, sua renovação e por convecção auxilia no conforto térmico. Ambas decisões quanto ao partido diminuem o consumo energético, aumentando a qualidade higrotérmica.

Estratégias como essas são relevantes à otimização do projeto arquitetônico, pois demonstram o respeito da arquitetura para com o ambiente e o usuário, refutando a inadequação bioclimática de conceitos como o *International Style* e a utilização excessiva de ventilação artificial.

## **2. Objetivo**

Este artigo tem por objetivo analisar qualitativamente o projeto arquitetônico de uma edificação residencial fictícia na cidade de Maceió/AL, fruto da integração horizontal do 3º período do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Tiradentes (UNIT/AL), entre as disciplinas de Conforto Ambiental I e Introdução à Produção do Espaço, evidenciando o ponto de vista de um projeto bioclimático.

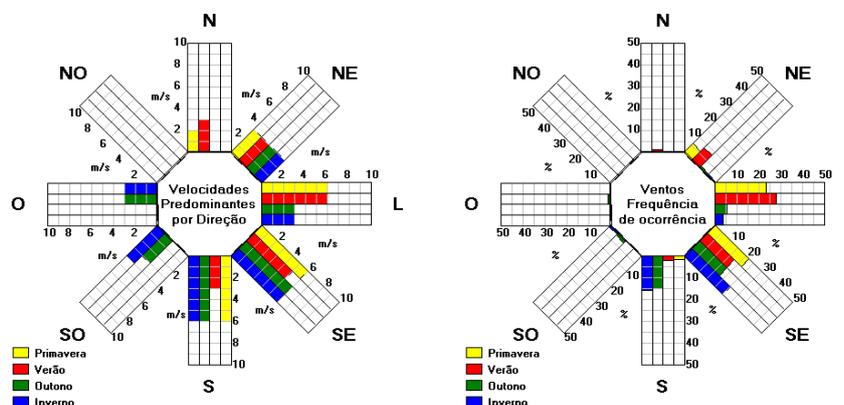
## **3. Método**

A metodologia foi dividida em: definição do projeto arquitetônico segundo a orientação do Norte, as dimensões de terreno, os recuos a serem respeitados e a setorização dos ambientes; análise qualitativa de ventilação natural, respeitando a orientação dos ventos predominantes e recomendações das normas técnicas brasileiras; e análise de insolação a partir das cartas solares de cada fachada. Após cada análise foram realizados ensaios na mesa d’água e no Heliodon, respectivamente, com o intuito de verificar os resultados obtidos no estudo.

### **3.1 Definição do projeto arquitetônico**

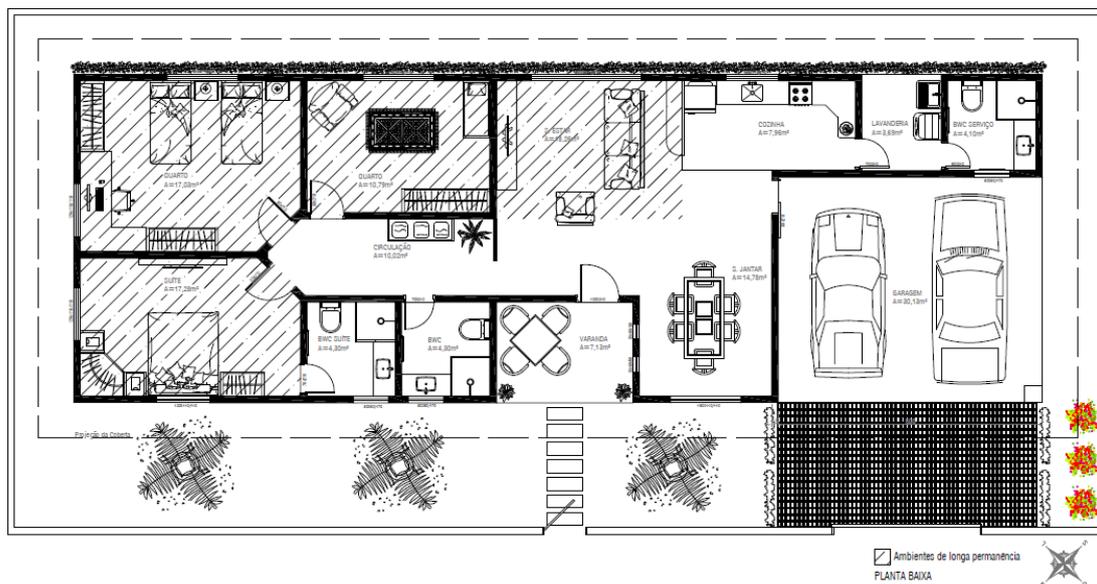
Dado o terreno fictício na cidade de Maceió/AL com dimensões de 25 metros de largura por 12 metros de profundidade, respeitando os recuos mínimos de 3 metros de frente e 1,5 metros lateral e de fundo, com Norte orientado a 225°, o dimensionamento da edificação foi realizado utilizando a modulação, considerando dimensões mínimas de móveis e área de giro para cada cômodo. A divisão da residência foi setorizada - privativo, social e serviço - adequada ao programa de necessidades que continha garagem, varanda, sala de estar, sala de jantar, cozinha, área de serviço, banheiro de serviço, suíte, dois quartos e banheiro.

Para a disposição dos cômodos na edificação foi considerada a direção dos ventos dominantes da região (Figura 1), tendo predominância Sudeste o ano todo e Nordeste/Leste no verão. Os ambientes de longa permanência foram fixados nas áreas de barlavento, permitindo o efeito por ação dos ventos sem necessidade de combinação com efeito chaminé.



**Figura 1: Rosa dos ventos da cidade de Maceió/AL. Fonte: SOL-AR 6.2**

A cobertura foi estabelecida em duas águas, telha tipo canal, com inclinação de 30% e beirais de 80 centímetros. A planta baixa ficou definida conforme Figura 2 abaixo e as análises de ventilação e insolação foram realizadas a partir da mesma.



**Figura 2: Planta baixa da edificação. Fonte: elaborado pela autora**

### 3.2 Análise qualitativa da ventilação natural

A NBR 15220-3 (ABNT, 2005) situa a cidade de Maceió, na Zona Bioclimática 8, onde as recomendações de projeto são a utilização de condicionamento térmico passivo, grandes aberturas, com estratégia de ventilação cruzada permanente. Para proporcionar a ventilação adequada ao ambiente, foi utilizada a recomendação da Norma de Desempenho – NBR 15575 (ABNT, 2013) para o local em questão. Portanto o dimensionamento das janelas da edificação térrea foi realizado considerando a porcentagem estabelecida, em 15% da área do piso.

As esquadrias utilizadas (Figura 3) em sua maioria são do tipo janela de giro de eixo vertical com abertura externa (a), conforme NBR 10821-1 (ABNT, 2017), as quais proporcionam 100% de vão livre. Exceto uma janela máximo ar (b) do quarto duplo e as janelas basculantes (c) dos banheiros, as quais são de modelos diferentes, porém possuem a mesma capacidade de passagem de ar.



**Figura 3: Exemplo de modelos de esquadrias utilizadas. Fonte: Google Imagens**

Após a definição das esquadrias, foi realizado a maquete em escala 1:75 para visualizar a qualidade da ventilação obtida nas fachadas Sudeste e Nordeste submetendo ao equipamento mesa d'água localizado no Laboratório de Conforto Ambiental do Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

### 3.3 Análise de insolação

O sombreamento das aberturas é uma das estratégias importantes para o conforto do usuário em cidades de clima quente. De acordo com Frota et. al., “Para proteger a envoltória de uma edificação, seja com elementos construídos, seja com vegetação, é necessário poder-se determinar a posição do Sol, para o local em questão, na época do ano em que se deseja barrar seus raios diretos”. Para isso, foram confeccionadas cartas solares<sup>2</sup> da cidade de Maceió, latitude 9°40', para as fachadas Nordeste, Sudeste e Noroeste, com o intuito de verificar a necessidade de protetores verticais ou horizontais nas esquadrias e/ou alteração do beiral estabelecido anteriormente. A fachada Sudoeste foi desconsiderada na análise inicial por não possuir aberturas expostas à insolação, sendo mantido somente o beiral de 80 centímetros.

Em um segundo momento, foi confeccionada uma maquete completa em escala 1:75, com os respectivos protetores, utilizada no Heliodon<sup>3</sup> para certificar a eficiência dos protetores solares nos períodos de sombreamento definidos.

## 4. Resultados

### 4.1 Análise qualitativa da ventilação natural

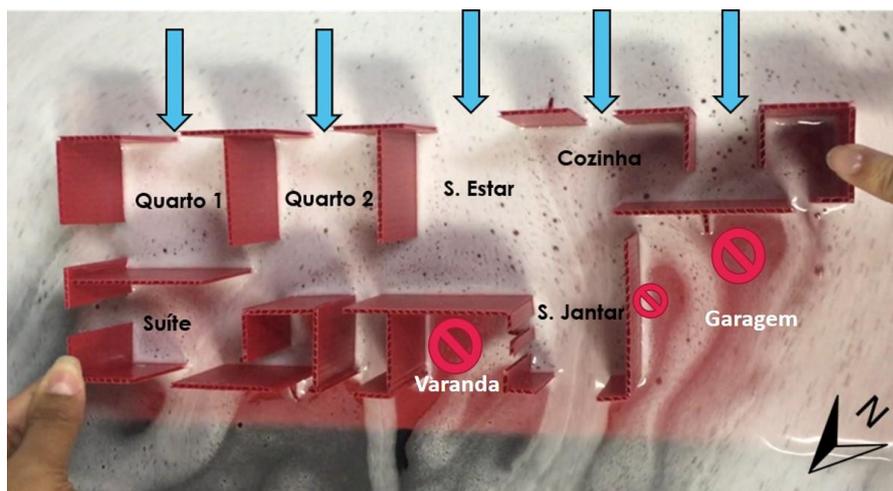
Para a cidade de Maceió, recomenda-se aberturas nas fachadas das habitações com dimensões mínimas de 15% da área de piso, para ambientes de permanência prolongada. Os quartos, sala de estar e cozinha tiveram prioridade de ventilação sendo dispostos nas duas fachadas receptoras dos ventos, SE e NE. As esquadrias utilizadas respeitaram a porcentagem mínima requerida, conforme disposto na Tabela 1 abaixo, com exceção somente da área de esquadrias dos banheiros, que a ventilação pode ser somente higiênica.

TABELA DE ESQUADRIAS							
Ambiente	Área de Piso	Área NBR	H	L	Área Esquadrias	Vão Livre	% Utilizada
	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	
Quarto 1	19,03	2,85	1,1	1,2	1,32	3,08	16,2%
			1,1	1,6	1,76		
Quarto 2	10,79	1,62	1,1	1,6	1,76	1,76	16,3%
Suíte	15,29	2,29	1,1	1,2	1,32	2,64	17,3%

			1,1	1,2	1,32		
S. Estar	18,26	2,74	1,1	2,5	2,75	2,75	15,1%
S. Jantar	14,78	2,22	1,1	1,6	1,76	2,32	15,7%
			0,8	0,35	0,28		
Cozinha	8,06	1,21	1,1	1,2	1,32	1,32	16,4%
BWC Suíte	4,30	0,65	0,5	0,8	0,4	0,4	9,3%
BWC	4,30	0,65	0,5	0,8	0,4	0,4	9,3%
BWC Serviço	4,10	0,62	0,5	0,8	0,4	0,4	9,8%

**Tabela 1: Análise do vão das esquadrias. Fonte: elaborado pela autora**

Com a realização do ensaio qualitativo da planta na mesa d'água, foi possível observar a eficiência da ação dos ventos nas duas direções citadas. A Figura 4 corresponde à ventilação predominante, fachada Sudeste, onde são criadas pequenas áreas de sotavento na garagem e na varanda/entrada. Nessa, a porta principal é desconsiderada.



**Figura 4: Ação da ventilação na fachada Sudeste na mesa d'água. Fonte: elaborado pela autora**

Na Figura 5 é possível observar a ação da ventilação aplicada na fachada Nordeste, menos ativa do que a anterior, mas leva-se em consideração que esses ventos de verão são somados aos ventos predominantes, aumentando a eficiência da circulação e renovação de ar. A utilização do corredor paralelo ao sentido dos ventos de verão auxilia na passagem do ar no sentido longitudinal da edificação. A divisória vazada foi disposta com o intuito de isolamento da área privativa, mas também será útil para filtrar a ação do vento canalizado ativo no corredor.

O único ajuste realizado na planta em relação ao posicionamento das esquadrias foi a inversão da janela do banheiro de serviço, que estava disposta em uma fachada de barlavento. A correção fez-se necessária para barrar o caminho dos odores para áreas internas da edificação. Em relação à movimentação do ar pelos ambientes, a disposição das

aberturas demonstra-se eficiente quanto à ventilação natural, minimizando a necessidade de utilização de energia ativa.

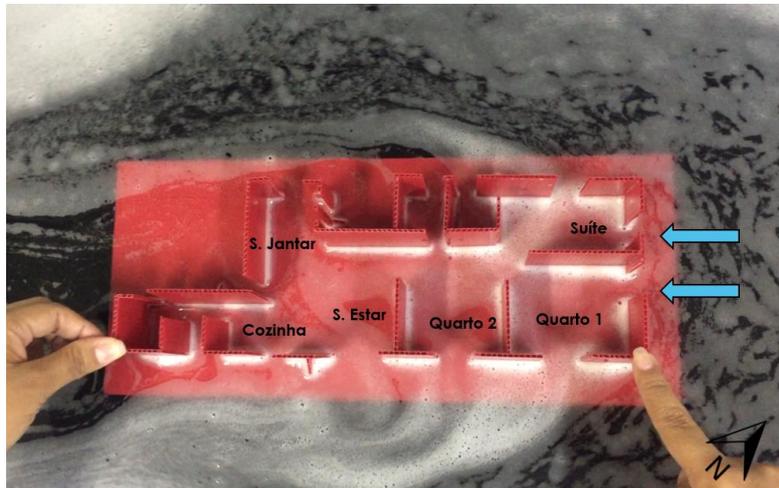


Figura 5: Ação dos ventos na fachada Nordeste na mesa d'água. Fonte: elaborado pela autora

## 4.2 Análise de insolação

Para a definição dos horários de sombreamento, foram utilizadas como base as cartas solares de Maceió com indicação das temperaturas (Figura 6) antes (a) e após 21 de junho (b), fornecidas pelo *software* SOL-AR 6.2. A partir dessas, foi possível ajustar como necessidade o sombreamento matutino a partir das 8 horas e o sombreamento vespertino até o pôr do sol no verão e as 16h no inverno.

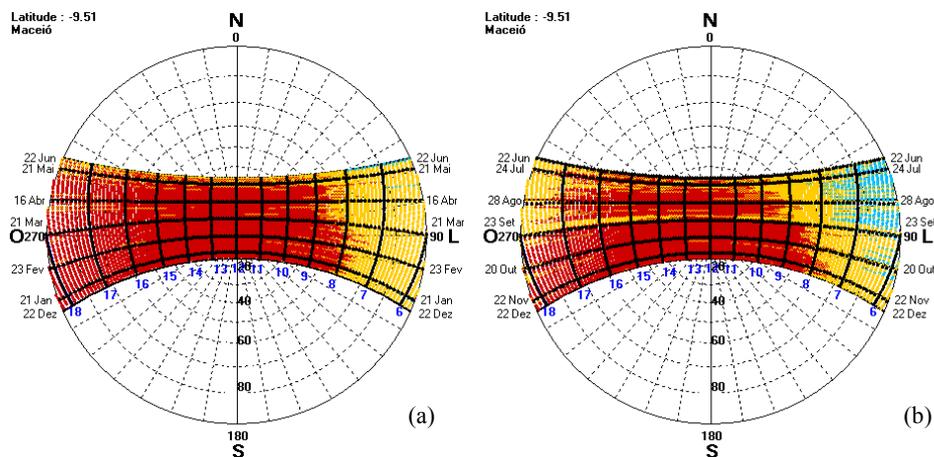
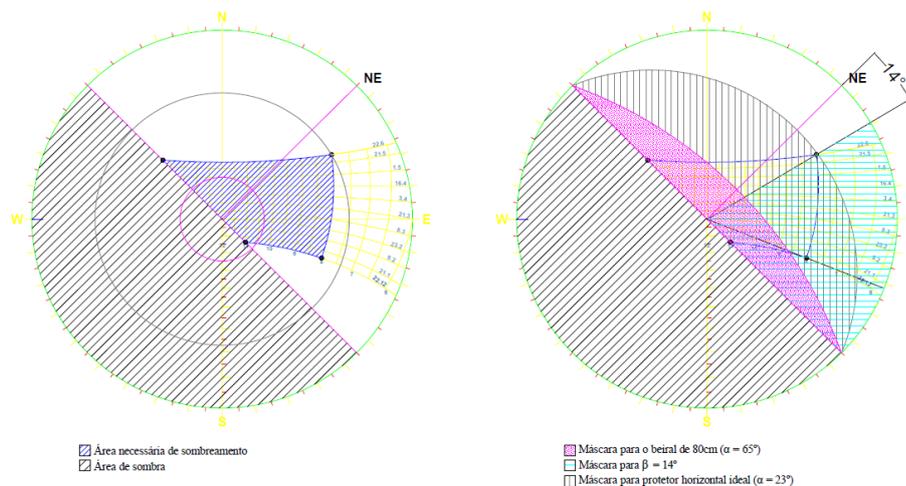


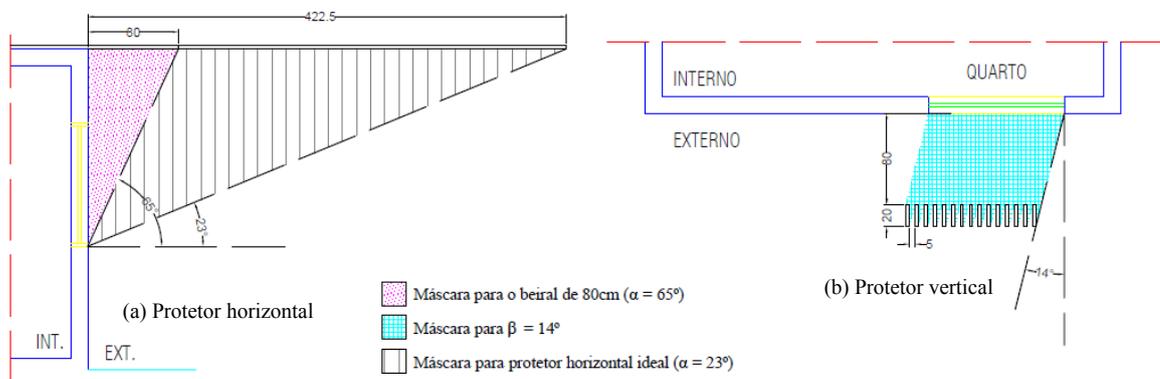
Figura 6: Cartas solares de Maceió com indicação das temperaturas. Fonte: SOL-AR 6.2

A fachada Nordeste foi a primeira a ser analisada, a qual inclui suíte e quarto. A Figura 7 apresenta as cartas solares da mesma com as possibilidades de sombreamento e as

respectivas máscaras de sombra. O estudo de protetores horizontais (a) e verticais (b) constam na Figura 8. A altura solar ( $\alpha$ ) ideal de  $23^\circ$  gera um protetor horizontal de 4,23 metros, portando a altura solar utilizada  $\alpha = 65^\circ$ , corresponde ao beiral projetado de 80cm. Para complementar a área de sombreamento foi considerado um ângulo de azimute solar ( $\beta$ ) pela direita de  $14^\circ$ , resultando em brises verticais infinitos afastados 80cm da fachada, permitindo a livre abertura das janelas. Para as duas esquadrias existentes foi utilizado o mesmo tipo de protetor vertical.

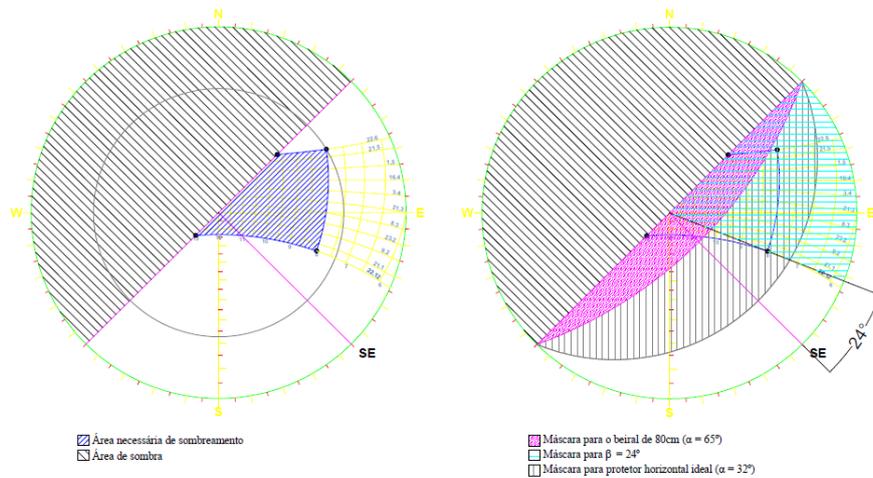


**Figura 7: Cartas solares da fachada Nordeste com máscaras de sombra. Fonte: elaborado pela autora**

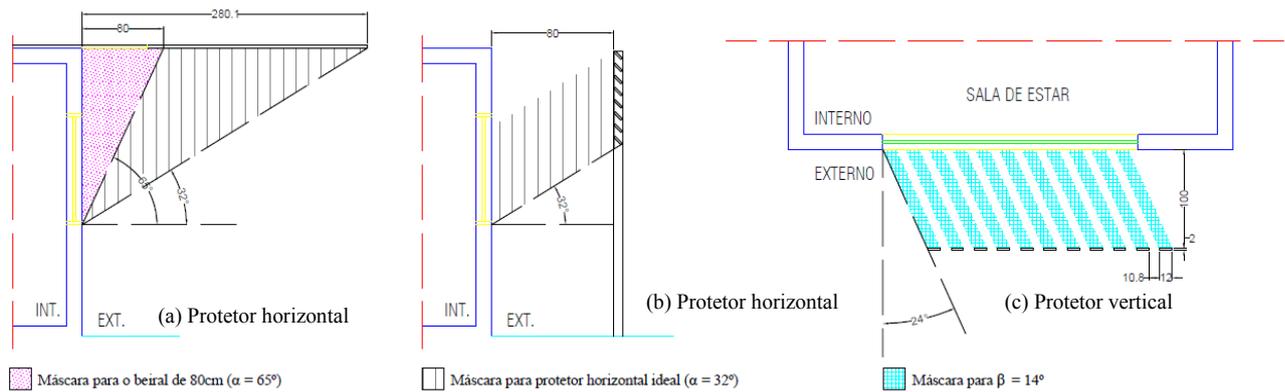


**Figura 8: Protetores solares da fachada Nordeste. Fonte: elaborado pela autora**

A fachada Sudeste abrange dois quartos, sala, cozinha, área de serviço e banheiro de serviço, dos quais serão utilizados protetores nas esquadrias dos cômodos de longa permanência, gerando cartas solares conforme Figura 9. A altura solar obtida foi  $\alpha = 32^\circ$ , porém o protetor horizontal infinito inicial (Figura 10.a) foi mantido assim como no outro caso. Com a utilização de um  $\beta = 24^\circ$  pela esquerda, foi possível complementar o sombreamento necessário. As esquadrias foram sombreadas com brises horizontais afastados 80cm da fachada (Figura 10.b), exceto a janela da sala de estar que foi protegida por brises verticais infinitos com afastamentos de 1,2m da fachada devido a sua dimensão.

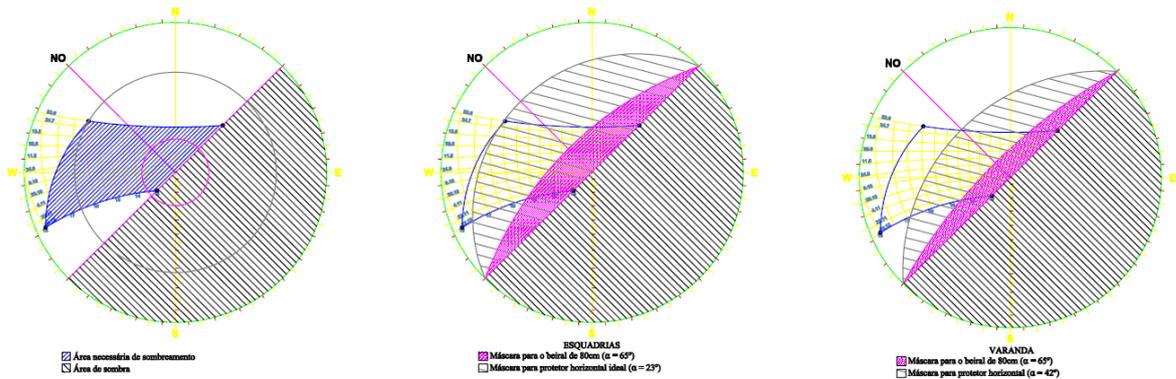


**Figura 9: Cartas solares da fachada Sudeste com máscaras de sombra. Fonte: elaborado pela autora**

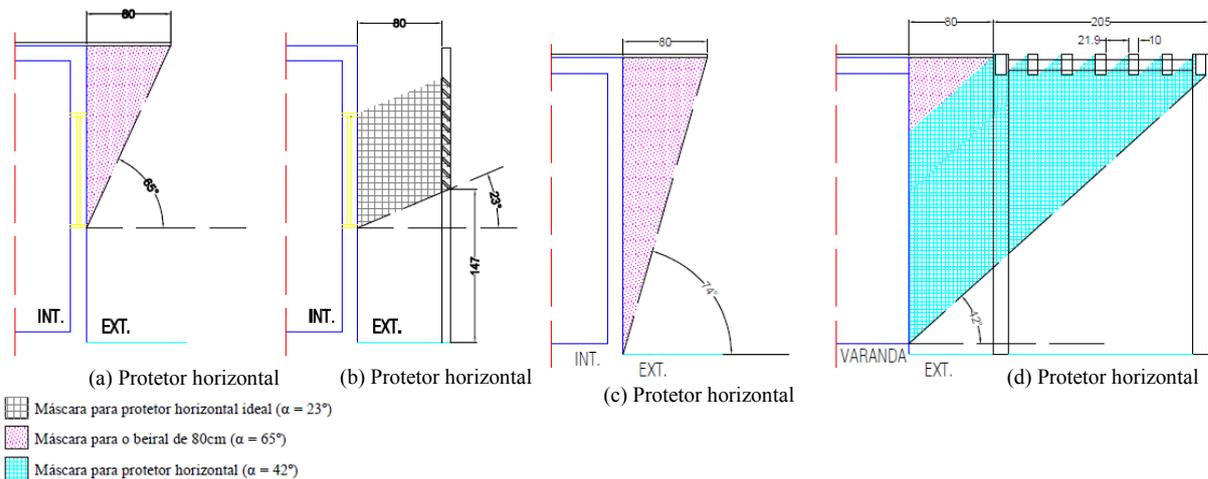


**Figura 10: Protetores solares da fachada Sudeste. Fonte: elaborado pela autora**

Para a fachada Noroeste, os cômodos a serem protegidos são suíte, sala de jantar e varanda. Foram confeccionadas cartas solares (Figura 11) diferentes para as esquadrias e para a varanda, pois a linha do horizonte difere, gerando variação nas máscaras de sombra para o beiral existente. Para as esquadrias foram utilizados brises horizontais afastados da fachada (Figura 12.b), com altura solar de 23° e mantido o beiral determinado (Figura 12.a). Na varanda foi considerado um pergolado (Figura 12.d), além do beiral (Figura 12.c), para obter a proteção da área até as 17 horas no verão e 14:30 horas no inverno, promovendo maior conforto na utilização.



**Figura 11: Cartas solares da fachada Noroeste com máscaras de sombra. Fonte: elaborado pela autora**



**Figura 12: Protetores solares da fachada Noroeste. Fonte: elaborado pela autora**

Após a definição de todos os protetores, a maquete na escala 1:75 foi submetida ao equipamento Heliodon. Os horários críticos de insolação são aqueles de menor inclinação solar, nos quais é mais fácil visualizar a eficiência dos protetores. O ensaio foi realizado observando o comportamento do sol das 8h às 17h, durante os solstícios e equinócios por possuírem características extremas de traçado solar.

Durante o solstício de verão a Figura 13 mostra a eficiência dos protetores nas fachadas Nordeste e Sudeste na hora mais crítica de sombreamento, permitindo qualificar as medidas tomadas como corretas. As fachadas Sudoeste e Noroeste podem ser observadas através da Figura 14 para o horário das 14h em 22 de dezembro.

Durante os equinócios é possível observar o efeito dos beirais nas fachadas Nordeste e Sudeste a partir das 10h (Figura 15), conforme observado nas cartas durante o estudo. Na fachada Noroeste é possível observar o deslocamento da sombra em relação às esquadrias (Figura 16), demonstrando o resultado do azimute solar no período. Os protetores foram colocados alinhados às janelas, sem considerar o ângulo  $\gamma$  para o dimensionamento, o qual solucionaria a relação entre  $\alpha$  e  $\beta$ , consequentemente corrigindo o deslocamento do sombreamento no período.



**Figura 13: Fachadas NE e SE no solstício de verão às 8h. Fonte: elaborado pela autora**



**Figura 14: Fachadas SO e NO no solstício de verão às 16h. Fonte: elaborado pela autora**



**Figura 15: Fachadas NE e SE nos equinócios às 10h. Fonte: elaborado pela autora**



**Figura 16: Fachada NO nos equinócios às 17h. Fonte: elaborado pela autora**

No solstício de inverno, para a fachada Nordeste, a ação dos protetores verticais pode ser observada até as 9h (Figura 17), com exposição parcial ao sol após esse horário até às 12h, conforme carta solar. Na fachada Noroeste às 15h (Figura 18) foi visualizada a eficiência total dos protetores, tanto dos brises horizontais nas esquadrias, quanto do pergolado na varanda. A partir deste horário o sombreamento da varanda torna-se parcial.



**Figura 17: Fachadas NE e SE no solstício de inverno às 9h. Fonte: elaborado pela autora**



**Figura 18: Fachada NO no solstício de inverno às 15h. Fonte: elaborado pela autora**

## 5. Conclusões

A proposta deste artigo foi qualificar através de ensaios em laboratório as análises de ventilação e insolação de uma residência térrea fictícia na cidade de Maceió/AL, demonstrando que a utilização de estratégias de projeto que combinem necessidades do usuário com as condições climáticas do local é relevante ao ato projetivo.

O estudo em questão atendeu aos quesitos da normatização brasileira apresentada e a análise de ventilação demonstrou-se satisfatória, sem necessidade de alterações após o ensaio na mesa d'água. As áreas de barlavento e sotavento corresponderam ao esperado durante o ensaio, não gerando problemas em qualquer área interna.

Quanto ao estudo de insolação, as cartas solares e as opções selecionadas de protetores horizontais e verticais atenderam às propostas de sombreamento nas aberturas, conforme determinado nas máscaras. Com a submissão da maquete ao Heliodon foi possível observar uma única divergência, na fachada Noroeste durante o equinócio há um deslocamento do sombreamento que pode ser corrigido com a utilização do ângulo  $\gamma$ , alterando a largura total dos protetores, abrangendo todos os períodos de sombreamento. Outra alteração necessária, aderida no momento da confecção da maquete, foi o prolongamento dos brises horizontais até o nível do piso externo, medida que aumentou o sombreamento para toda a faixa das esquadrias e melhorou a condição estética da edificação quanto ao uso dos mesmos.

Contudo, as estratégias adotadas demonstraram-se eficientes para o conforto térmico da edificação e verificou-se a importância da utilização dos ensaios nos equipamentos para qualificar as medidas. Este experimento comprova que a adequação da arquitetura ao clima só tende a melhorar a qualidade dos projetos arquitetônicos, como cita Frota et. al. (2016, p. 18), “Imprimir a um edifício características que proporcionem uma resposta térmica ambiental conveniente não implica o acréscimo obrigatório de custo à construção; ao contrário, deve resultar em redução de custo de utilização e de manutenção, além de propiciar condições ambientais internas agradáveis aos ocupantes”.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10821: Esquadrias externas para edificações - Parte 1: Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575: Edifícios habitacionais até cinco pavimentos – desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BITTENCOURT, L. Uso das cartas solares diretrizes para arquitetos. 5ª ed. Maceió: Edufal, 2015. 119p.

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. Manual de conforto térmico. 2.ed. São Paulo: Studio Nobel, 1995. 243p.