

AVALIAÇÃO DA VENTILAÇÃO NATURAL EM UMA CASA BIOCLIMÁTICA LOCALIZADA NA CIDADE DE MACEIÓ

Renata Torres Sarmento de Castro⁽¹⁾; Alexandre Márcio Toledo⁽²⁾

(1) Mestra, professora do Centro Universitário Cesmac, e-mail: renatatorrescastro@hotmail.com

(2) Doutor, professor da FAU/ Universidade Federal de Alagoas, e-mail: prof.amtoledo@gmail.com

Resumo

Para o clima quente e úmido do Nordeste brasileiro, a ventilação natural é indicada como uma das principais estratégias bioclimáticas para promover o conforto térmico dos usuários em edifícios residenciais. O objetivo desse artigo é avaliar o desempenho da ventilação natural pela ação do vento em uma casa de Maceió projetada segundo princípios bioclimáticos. A metodologia proposta compreendeu ensaios analógicos de escoamento, para quatro direções de vento, no equipamento mesa d'água, com maquetes físicas vazadas, utilizando o método do traçador e a técnica de injeção direta do indicador. Avaliaram-se os desempenhos com base em quatro dados: (i) percurso, (ii) abrangência, (iii) qualidade e (iv) velocidade aparente do escoamento nos ambientes. Ponderaram-se valores de desempenho por direção de vento e de peso e, aplicando os resultados em equações, determinou-se o resultado final de desempenho da casa. Constatou-se médio desempenho de ventilação natural na casa avaliada e verificou-se a utilização de estratégias bioclimáticas adequadas, porém destaca-se como solução inadequada a excessiva compartimentação interna. Conclui-se pela relativa adequação dos princípios bioclimáticos utilizados, destacando-se a necessidade de solucionar as deficiências encontradas, como a excessiva compartimentação interna. Sugere-se a aplicação da metodologia proposta e das ferramentas de avaliação em pesquisas e planejamento arquitetônico, visando à garantia de desempenho da ventilação natural nas edificações localizadas em regiões de clima quente e úmido.

Palavras-chave: ventilação natural, arquitetura bioclimática, conforto térmico.

Abstract

The northeastern Brazil, with hot and humid climate, the natural ventilation is the principal bioclimatic strategy to promote users' thermal comfort in residential buildings. The aim of this paper is to evaluate the performance of natural ventilation by wind in a house designed according with bioclimatic strategy to Maceió city. The methodology proposed analog test comprised of disposal for four wind directions, water in the machine table, with physical models castings, using the tracer method and the technique of direct injection of the indicator. We assessment the performance based on four findings: (i) route, (ii) coverage, (iii) quality and (iv) apparent velocity flow inside of rooms. Weighed up performance values for wind direction and weight, and applying the results in equations, it was determined the final performance of the house. It was found average performance of natural ventilation in the home evaluated and found the use of appropriate strategies bioclimatic but stands out as inadequate solution to excessive internal partitioning. It is an adequate use of bioclimatic principles, but by the need to provide for the deficiencies and address them. It is suggested that the proposed methodology and assessment tools in research and architectural planning in order to guarantee performance of natural ventilation in buildings located in regions of worm and humid climate.

Keywords: Natural ventilation, Bioclimatic architecture, Thermal comfort.

1. INTRODUÇÃO

A ventilação natural dos edifícios depende de fatores variáveis, que compreendem os ventos e as temperaturas; de fatores fixos do entorno natural e construído, que compreendem a topografia, a distribuição de águas e terras, a vegetação e a configuração do ambiente construído; e de fatores fixos do edifício, que compreendem a forma e a orientação, a tipologia e os componentes construtivos, as aberturas e as esquadrias (BOUTET, 1987).

Os fatores variáveis e fixos do entorno e do edifício envolvidos com a ventilação natural são extremamente importantes, mas tornam a avaliação muito complexa (OLGYAY, 1998); a simplificação de alguns aspectos parece inevitável, como a consideração da edificação isolada, as esquadrias sempre abertas, o escoamento apenas no plano horizontal, etc.

Os tradicionais métodos e técnicas de visualização de escoamentos apresentam várias aplicações práticas e servem para elucidar o comportamento de fenômenos físicos por meio de observação visual, permitindo a obtenção de dados tanto qualitativos quanto quantitativos. O método do traçador e a técnica de injeção direta são os mais adequados para experimentos com ventilação natural, por trabalharem com baixa velocidade e permitirem a visualização instantânea do escoamento (TOLEDO, 2006).

A cidade de Maceió, localizada no litoral de Alagoas, possui clima quente e úmido, apresentando basicamente duas estações bem definidas, com pequena variação de temperatura entre elas, em torno de 4 °C. O verão é caracterizado por temperaturas mais altas e pouca pluviosidade; o inverno, por temperaturas mais amenas e alta pluviosidade (TOLEDO, 2001).

De acordo com as características do clima quente e úmido, a principal estratégia de projeto define-se, em aumentar o grau do movimento do ar, principalmente através da ventilação cruzada, resolvendo cerca de 75% das horas do ano de desconforto térmico (LAMBERTS et al., 2004). As direções predominantes do vento em Maceió são a Sudeste, seguida da Leste, durante todo o ano; a Nordeste, no verão, e a Sul, no inverno (GOULART et al., 1998).

1.1. Objetivo

Este artigo tem como objetivo avaliar o desempenho da ventilação natural pela ação do vento de uma casa projetada segundo os princípios bioclimáticos para a cidade de Maceió, Alagoas.

2. METODOLOGIA

2.1. Objeto de Estudo

A casa, projetada pelos arquitetos e professores da Universidade Federal de Alagoas, Geraldo Majela e Verônica Robalinho, construída entre os anos de 1982 e 1983, situa-se no bairro Cruz das Almas, em dois terrenos planos, sendo um deles de esquina. Desde a sua construção, os autores dos projetos são os únicos moradores da casa.

A edificação apresenta pavimento térreo e mezanino, com 214m² de área construída (figura 1). O térreo é composto por varanda, sala de estar, sala de jantar, 2 quartos, 1 suíte, banheiro social, depósito, garagem, cozinha, área de serviço, quarto de estudos (adaptado do quarto de empregada) e banheiro de empregada. No mezanino se situa apenas uma sala de leitura (figura 2).



Figura 1 – Fotos da casa: face leste e jardim

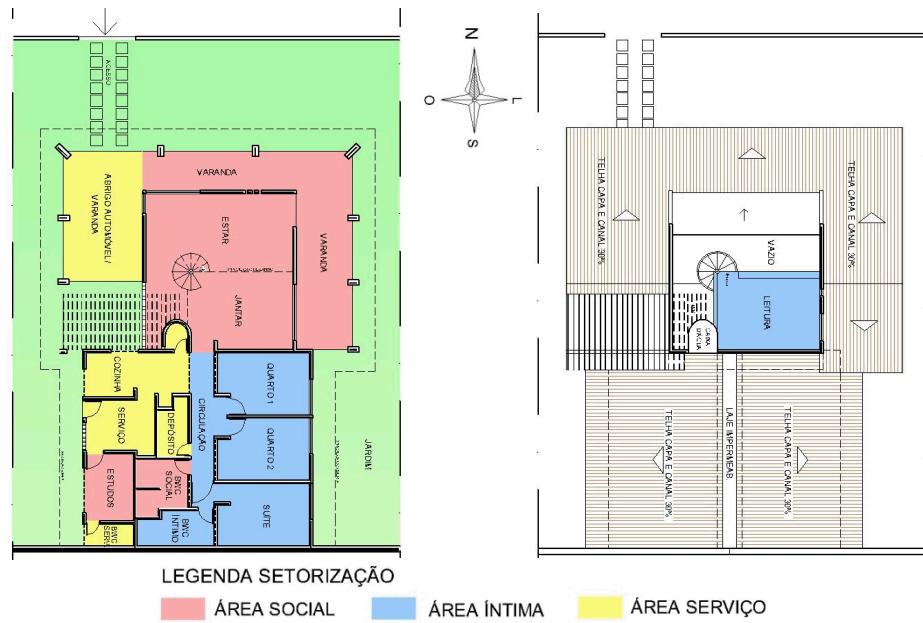


Figura 2 – Plantas baixas dos pavimentos térreo e superior da casa, respectivamente

2.2. Ensaios analógicos

Realizaram-se ensaios analógicos de escoamento, com maquetes físicas vazadas (escala 1/50) em secção horizontal, utilizando o método do traçador e a técnica de injeção direta do indicador, para quatro direções de vento: Sudeste, Leste, Nordeste e Sul, para cada um dos pavimentos da casa.

Utilizou-se o equipamento mesa d'água do Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas. Visualiza-se o escoamento por meio de água com espuma, a qual circula, em velocidade uniforme, do reservatório montante (de onde a água provém) para o reservatório jusante (para aonde a água escoa), em fluxo contínuo (TOLEDO, 2006).

Considerou-se a casa isolada, sem barreiras externas e com as aberturas totalmente desimpedidas. Desconsiderou-se a influência do entorno natural e construído na dificação, os quais poderiam alterar a direção e a velocidade dos ventos; e também o tipo de esquadria, que poderia reduzir as áreas efetivas das aberturas. Essas simplificações devem-se ao fato de que a consideração destes dois fatores necessitaria de uma modelagem tridimensional, a qual é uma limitação do equipamento mesa d'água.

Consideraram-se a sala de estar e jantar conjuntamente, por não haver divisão entre ambas; o jardim interno, localizado na sala, como parte integrante da mesma; a garagem como ambiente separado da varanda, por ser utilizado apenas como abrigo para automóveis; o hall

com sua extensão até a porta de entrada do banheiro íntimo.

Registraram-se as imagens do escoamento por meio de uma câmara filmadora e se redesenhou as imagens com o auxílio do programa *Auto Cad* 2D. As figuras esquemáticas do comportamento do ar no interior da casa representam o escoamento verificado nos ensaios na mesa d'água. As entradas e saídas do escoamento são destacadas e numeradas.

2.3. Procedimentos Metodológicos

Adotaram-se quatro dados na avaliação: **Dado 1** – Percurso do escoamento (peso 2); **Dado 2** – Abrangência do escoamento (peso 4); **Dado 3** – Qualidade do Escoamento nos Ambientes (peso 3); **Dado 4** – Velocidade aparente do ar (peso 1). Para todos os dados, ponderaram-se valores de Desempenho (nível do comportamento verificado nos ensaios, variando de 1 ‘péssimo’ a 10 ‘ótimo’) e de peso (importância do dado, variando de 1 ‘pouco relevante’ a 4 ‘muito importante’).

Para o **Dado 1**, elaborou-se diagrama de escoamento do ar no interior da casa, descrevendo a passagem do ar verificada nos ensaios (desde a entrada até a saída). Computou-se o **Dado 2** em relação à porcentagem da área do piso de cada ambiente que recebe escoamento. Na mensuração total, somam-se as áreas de abrangência do escoamento em relação à área total da casa. Para o **Dado 3**, considerou-se ambiente com boa qualidade do ar aquele que recebeu escoamento em nível 1 (ambientes de longa permanência), nível 2 (para cozinha) ou nível 3 (para ambientes de curta permanência). No **Dado 4**, classificaram-se as velocidades do ar segundo a observação visual, com referência à velocidade do escoamento na face exterior (a barlavento). Determinou-se a velocidade do ar de toda a casa por meio da média aritmética entre os desempenhos de velocidade dos ambientes.

Para avaliação do desempenho de cada orientação do vento (DV), utilizou-se a equação 01: multiplicou-se o desempenho de cada dado verificado nos ensaios pelo seu respectivo peso, e dividiu-se o resultado pela soma de todos os pesos.

$$DV = \frac{(D_{d1} \times 2) + (D_{d2} \times 4) + (D_{d3} \times 3) + (D_{d4} \times 1)}{10}$$

[Eq. 01]

Para avaliação do Desempenho Final da Ventilação Natural (DF-VN) da casa, aplicaram-se pesos para cada incidência do vento. A direção Sudeste recebeu peso 4 (muito importante), por ser a de maior freqüência durante todo o ano na cidade de Maceió; a direção Leste recebeu peso 3 (importante), por ser a segunda direção predominante durante todo o ano; a direção Nordeste recebeu peso 2 (relevante), por ser mais freqüente apenas no verão (período de temperaturas mais elevadas); e a direção Sul recebeu peso 1 (pouco relevante), por ser mais freqüente apenas no inverno (período de temperaturas mais amenas). Utilizou-se a equação 02: multiplicou-se o resultado de cada vento pelo seu respectivo peso e dividiu-se o resultado pela soma de todos os pesos, verificando-se o resultado na tabela 1.

$$DF-VN = \frac{(SEv \times 4) + (Lv \times 3) + (NEv \times 2) + (Sv \times 1)}{10}$$

[Eq. 02]

O método utilizado para avaliação é simplificado, por considerar apenas o escoamento bidimensional e o regime de escoamento externo permanente, e qualitativo, pois não mede e nem estima valores para as vazões e as velocidades do escoamento.

DESEMPENHO FINAL DAS AVALIAÇÕES							
RESULTADOS NEGATIVOS		RESULTADOS NEUTROS		RESULTADOS POSITIVOS			
Pontuação	Avaliação Final	Pontuação	Avaliação Final	Pontuação	Avaliação Final	Média	Média
0,1 a 1	Péssimo	4,1 a 5	Razoável	6,1 a 7	Adequado		
1,1 a 2	Insatisfatório	5,1 a 6	Moderado	7,1 a 8	Bom		
2,1 a 3	Muito Baixo			8,1 a 9	Muito Bom		
3,1 a 4	Baixo			9,1 a 10	Ideal		

Tabela 1 – Valores de Desempenho Final das Avaliações

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 Vento Leste

O escoamento Leste incide perpendicularmente à fachada lateral direita da casa (Leste). Dos 16 ambientes da casa, 7 não apresentaram escoamento e os demais apresentaram incidência variando de muito restrita à ampla (figura 3 e Quadro 1).

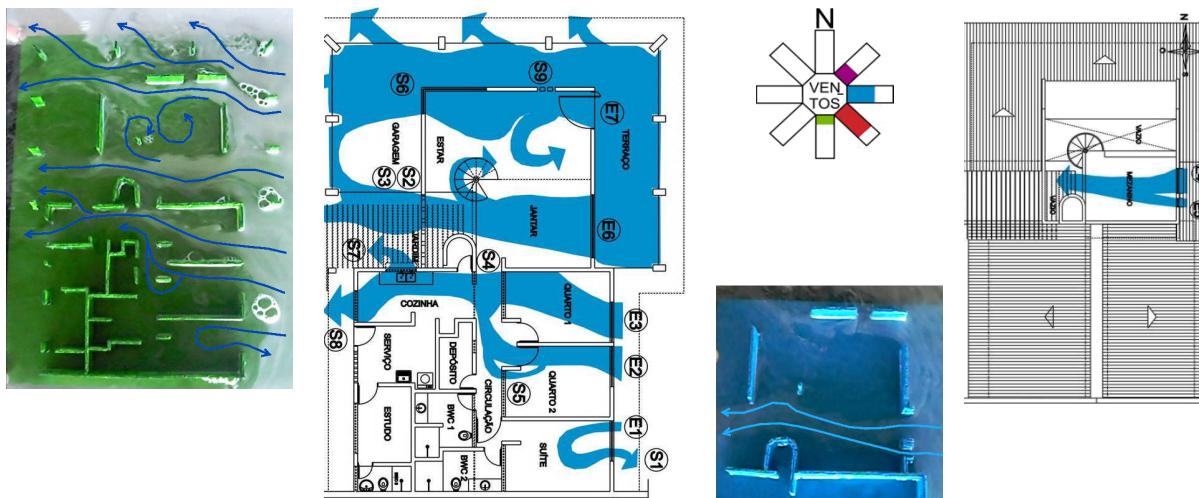


Figura 3 – Ensaio e esquema do escoamento Leste no pavimento térreo e mezanino (E - Entrada; S - Saída)

Dado	Comportamento
D1	a casa apresentou entrada do ar por ambientes íntimos, sociais e/ou de serviços e saídas por ambientes de setores diferentes; e ambientes ou setores com escoamento independentes. Por receber escoamento em apenas 56% dos ambientes, obteve desempenho 7 do percurso do vento Leste.
D2	em toda casa, o vento Leste apresentou média abrangência do escoamento do ar (desempenho 5), com alcance de 45% da área do piso, conforme somatório das áreas abrangidas pelo escoamento em relação à área total da casa.
D3	A soma dos ambientes com boa qualidade do escoamento do ar, proveniente do vento Leste, da casa compõe 50% do total de ambientes, resultando em alguns ambientes com boa qualidade do ar (desempenho 5).
D4	mesmo apresentando ambientes com altas e médias velocidades do ar, no total resultou em velocidade Lenta (desempenho 4) do vento Leste, uma vez que apresentou muitos ambientes sem escoamento do ar, com velocidade zero. Verificou-se turbulência entre as salas de estar e jantar, provocada por dois fluxos de ar.

Quadro 1 – Comportamento dos Dados no Escoamento Leste

O escoamento **Leste** obteve resultado de **5,3** e desempenho **Moderado**. Referencia-se, desta forma, a média eficiência (valor neutro) do escoamento dessa direção no interior da casa.

3.2 Vento Sudeste

O escoamento **Sudeste** incide obliquamente à fachada lateral direita (Leste) e de fundos (Sul) da casa (figura 4 e Quadro 2). Dos ambientes prejudicados com o escoamento do ar, apenas a despensa apresentou escoamento. A incidência nos demais ambientes variou de muito restrita à ampla.

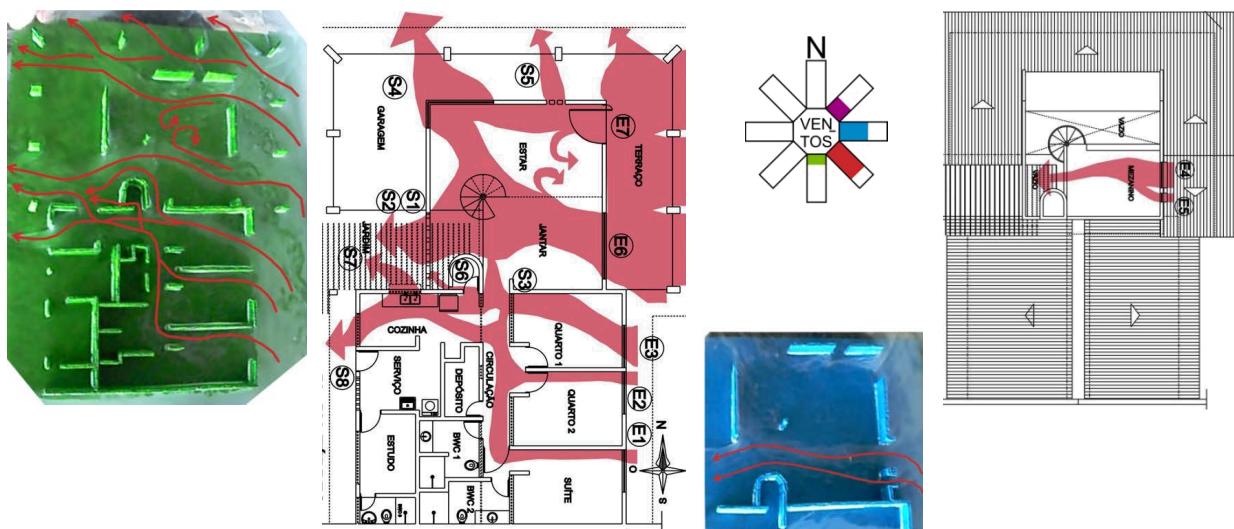


Figura 4 – Ensaio e esquema do escoamento Sudeste no pavimento térreo e mezanino (E - Entrada; S - Saída)

Dado	Comportamento
D1	a casa apresentou entrada do ar por ambientes íntimos, sociais e/ou de serviços e saídas por ambientes de setores diferentes; e ambientes ou setores com escoamento independentes. Desenvolveu sete aberturas de entrada do ar e oito aberturas de saída, resultando em desempenho 7 do percurso do vento.
D2	em toda a casa, o vento Sudeste alcançou abrangência restrita (desempenho 4) do escoamento do ar, com desempenho de 35% da área do piso, conforme somatório das áreas abrangidas pelo escoamento em relação à área total da casa.
D3	a soma dos ambientes com qualidade do escoamento do ar da casa compõe 50% do total de ambientes, resultando em alguns (desempenho 5) ambientes com boa qualidade do ar.
D4	mesmo apresentando altas velocidades em quase todos os ambientes ventilados, toda a casa apresentou, de acordo com a média aritmética dos 16 ambientes, a velocidade normal (desempenho de 5,2) do vento Sudeste, uma vez que há muitos ambientes com ausência do escoamento do ar (velocidade 0). Verificou-se turbulência nas salas de estar e jantar, provocada por dois fluxos de ar.

Quadro 2 – Comportamento dos Dados no Escoamento Sudeste

O escoamento **Sudeste** alcançou o resultado **5,0** e desempenho **Razoável**, referenciando, desta forma, a média eficiência do escoamento dessa direção no interior da casa; porém, não apresentou desempenho positivo.

3.3 Vento Nordeste

O escoamento **Nordeste** incide obliquamente à fachada frontal (Norte) e lateral direita (Leste) da casa (figura 5 e Quadro 3). O banheiro íntimo, o banheiro de serviço, a despensa e o quarto de estudos não apresentaram escoamento.

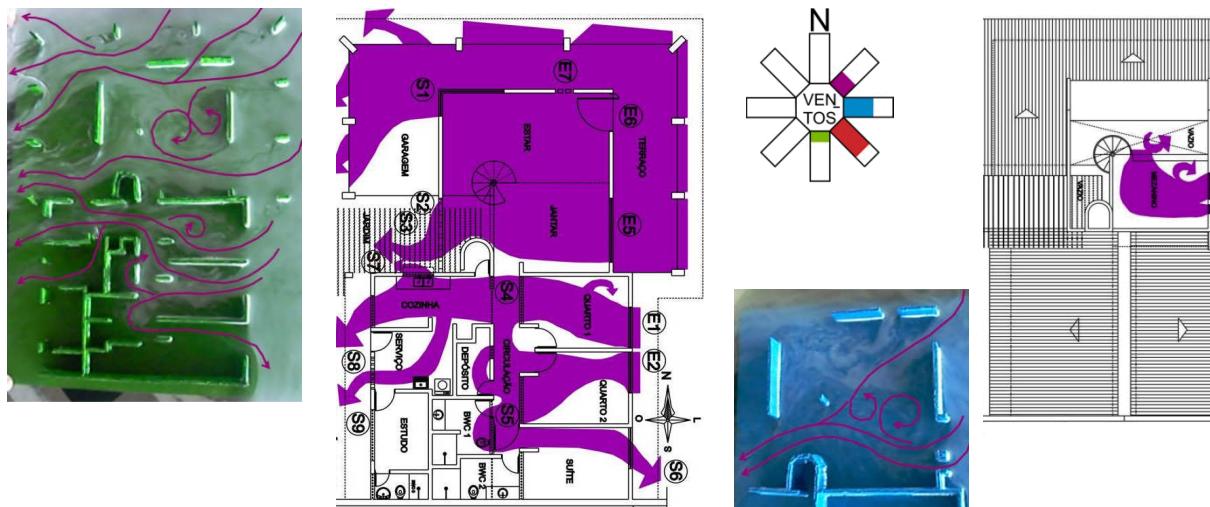


Figura 5 – Ensaio e esquema do escoamento Nordeste no pavimento térreo e mezanino (E - Entrada; S - Saída)

Dado	Comportamento
D1	a casa apresentou entrada do ar por ambientes íntimos e/ou sociais e saída por outros ambientes, podendo ser de setores diferentes; e ambientes com escoamentos independentes. Desenvolveu sete aberturas de entrada do ar e nove aberturas de saída. Alcançou 75% dos ambientes com escoamento e obteve desempenho 8 do percurso do ar.
D2	em toda casa 2, o escoamento do vento Nordeste apresentou abrangência ampla (desempenho 7), com desempenho de 66% da área do piso, conforme somatório das áreas abrangidas pelo escoamento em relação à área total da casa.
D3	a soma dos ambientes com qualidade do escoamento do ar da casa compõe 56% do total de ambientes, resultando em alguns (desempenho 6) ambientes com boa qualidade do ar.
D4	em toda a casa, o escoamento do vento Nordeste alcançou uma velocidade normal (desempenho de 5,2) conforme média aritmética dos resultados dos ambientes avaliados. Verificou-se turbulência no quarto 01, no mezanino e entre as salas de estar e jantar, provocada por dois fluxos de ar.

Quadro 3 – Comportamento dos Dados no Escoamento Nordeste

O escoamento **Nordeste** obteve o resultado de **6,7** e desempenho **Adequado**, referenciando a positiva eficiência do escoamento dessa direção no interior da casa; porém, apresentou desempenho aproximadamente no limite do considerado positivo.

3.4 Vento Sul

O vento **Sul** incide perpendicularmente à fachada de fundos da casa correspondente ao muro de divisa dos lotes (figura 6 Quadro 4). Percebeu-se que apenas uma pequena parcela da garagem e uma parte da varanda receberam escoamento do ar.

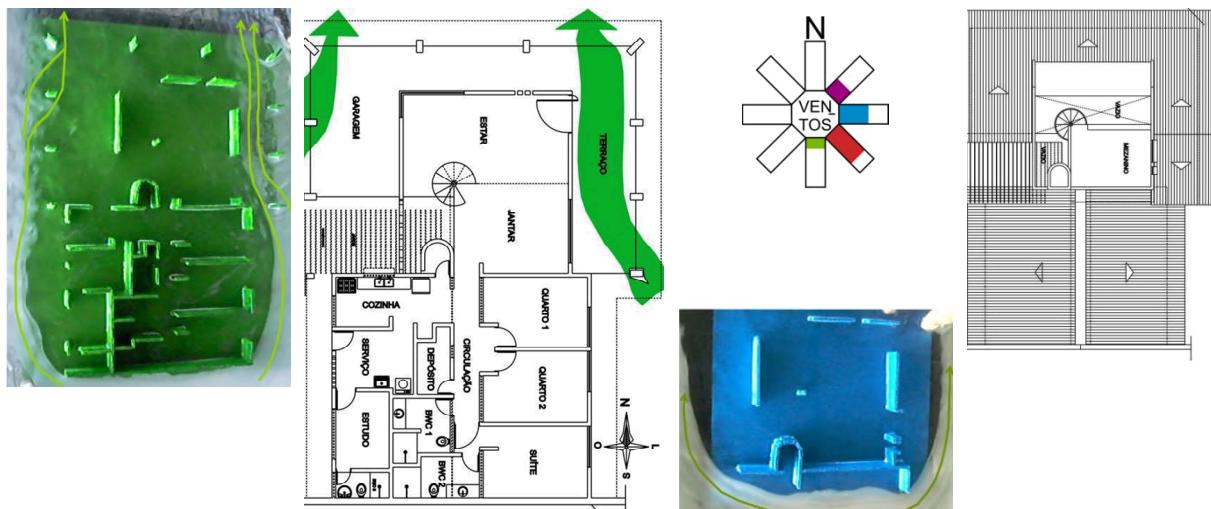


Figura 6 – Ensaio e esquema do escoamento Sul no pavimento térreo e mezanino (E - Entrada; S - Saída)

Dado	Comportamento
D1	a casa apresentou entrada do ar por um ou dois ambientes e saídas pelos mesmos ambientes. Desta forma, a casa apresentou passagens do ar situadas em apenas dois ambientes (varanda e garagem), alcançando desempenho 1 do percurso do ar.
D2	em toda casa, o escoamento do vento Sul alcançou abrangência muito restrita (desempenho 1) em virtude dessa incidência ocorrer na fachada de fundos da casa composta pelo muro de divisa de lotes, ao qual a casa encontra-se alinhada, sem nenhuma abertura nessa orientação. Dessa forma, o vento Sul alcançou apenas 7% da área do piso, conforme o somatório das áreas abrangidas pelo escoamento em relação à área total da casa.
D3	A varanda e a garagem apresentaram boa qualidade, por situarem-se no nível 1 do escoamento. Resultou em quase nenhum (desempenho 2) ambiente com boa qualidade do ar.
D4	em toda a casa, o escoamento do vento Sul alcançou uma velocidade muito lenta (desempenho 1) conforme média aritmética dos resultados dos 16 ambientes da casa avaliados, uma vez que apenas dois ambientes recebem escoamento do ar. Consideraram-se os demais ambientes não ventilados para efeito de média aritmética.

Quadro 4 – Comportamento dos Dados no Escoamento Sul

O escoamento Sul obteve resultado **insatisfatório** e desempenho de 1,3, demonstrando, dessa forma, a ineficiência do escoamento dessa direção no interior da casa.

3.5 Ventilação Final da Casa

Por obter desempenhos neutros para as incidências dos ventos Sudeste e Leste, adequado para a direção Nordeste e insatisfatório para a direção Sul, toda a casa apresentou resultado final de **5,0** e desempenho **Razoável**.

O resultado revela a média eficiência do escoamento do ar no interior da casa para efeito de conforto térmico e de qualidade do ar aos usuários, necessitando, portanto, de outras estratégias para melhor desempenho da ventilação natural.

4. CONCLUSÃO

Neste artigo, avaliou-se o desempenho da ventilação natural pela ação do vento de uma casa projetada segundo os princípios bioclimáticos para a cidade de Maceió/AL, utilizando-se ensaios analógicos de escoamento no equipamento mesa d'água, avaliando-se o desempenho por meio de quatro dados: percurso, abrangência, qualidade e velocidade aparente do escoamento nos ambientes.

O escoamento Nordeste apresentou o melhor desempenho (adequado) e a melhor distribuição no interior da casa, em relação às quatro direções testadas, provavelmente, por incidir obliquamente às fachadas Norte e Leste, nas quais há maiores aberturas de entrada, principalmente direcionadas para os ambientes dos setores íntimos e sociais.

O vento Leste apresentou desempenho apenas moderado, provavelmente, por haver grande compartimentação interna, nos diversos ambientes da casa. O vento Sudeste apresentou desempenho apenas razoável, talvez por incidir obliquamente à fachada Leste e Sul, sendo essa última alinhada ao muro, não apresentando aberturas.

O vento Sul apresentou o pior desempenho (insatisfatório), provavelmente por incidir perpendicularmente à fachada posterior da casa, na qual não há nenhuma abertura de entrada.

Conclui-se pela relativa adequação dos princípios bioclimáticos utilizados, destacando-se a necessidade de solucionar as deficiências encontradas, como a excessiva compartimentação interna. Sugere-se a aplicação da metodologia proposta e das ferramentas de avaliação em pesquisas e planejamento arquitetônico, visando à garantia de desempenho da ventilação natural nas edificações localizadas em regiões de clima quente e úmido.

REFERÊNCIAS

- BOUTET, T. S. **Controlling air movement**. New York: McGraw-Hill, 1987.
- GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S.. **Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras**. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção UFSC, 1998.
- LAMBERTS, R.; PEREIRA, F. O. R.; DUTRA, L.. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997.
- OLGYAY, V. **Arquitectura y clima**. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.
- TOLEDO, A. M. **Avaliação do desempenho da ventilação natural pela ação do vento em apartamentos: uma aplicação em Maceió/AL**. Florianópolis, 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.
- _____. **Ventilação natural e conforto térmico em dormitórios: aspectos bioclimáticos para uma revisão do Código de Obras e Edificações de Maceió**. Porto Alegre, 2001. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pela concessão da bolsa de mestrado, a qual possibilitou a realização da pesquisa.