

## O USO DE TORRES DE VENTO EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS GEMINADAS DE MEIA-MORADA

**Tathiane A. L. Martins (1); Leopoldo E. G. Bastos (2); Cláudia Barroso-Krause (3);  
Leonardo S. Bittencourt (4); Isabela Passos (5)**

(1) Arquiteta, Mestranda do PROARQ-FAU/UFRJ, tathianemartins@gmail.com

(2) D.Sc, Professor do PROARQ/UFRJ e da Faculdade de Engenharia - UERJ, leopoldobastos@gmail.com

(3) D.Sc, Professora do PROARQ-FAU/UFRJ, barroso.krause@gmail.com

(1)(2)(3) PROARQ-FAU/UFRJ, Av. Brigadeiro Trompowski s/no – Prédio da Reitoria, sala 433 – Cidade  
Universitária - Rio de Janeiro. Tel (fax): (21) 3325.2686.

(2) FEN-UERJ, R. Fonseca Teles, 121-Edif. Anexo, São Cristóvão - Rio de Janeiro – RJ. Tel. (21) 25891500.

(4) PhD, Professor da Faculdade Arquitetura e Urbanismo, UFAL, lsb54@hotmail.com

(5) Mestranda do DEHA/UFAL, isabela@ctec.ufal.br

(4) (5) DEHA, FAU/UFAL, Campus AC Simões, Tabuleiro dos Martins, Maceió - AL, Tel. (82) 32141283.

### RESUMO

As edificações residenciais geminadas de meia-morada, designadas popularmente casa de “porta-e-janela”, podem ser encontradas como padrão tipológico em diferentes localidades e em diversificadas condições climáticas no Brasil, especialmente na região nordeste. Originalmente atribuída ao fazer arquitetônico do período colonial no Brasil, essa tipologia caracteriza-se por não apresentar recuos laterais e por possuir cômodos desprovidos de renovação do ar, ventilação e iluminação natural. Em climas tropicais, a ventilação natural associada à proteção solar constitui-se em estratégia eficiente para se obter conforto térmico por meios passivos. Uma das estratégias existentes para se alcançar tal proposição é a utilização de torres de vento situadas acima do nível da cobertura que podem funcionar tanto como captador vento quanto exaustor de ar, permitindo o uso da ventilação natural no interior de ambientes enclausurados. Tal dispositivo já vem sendo empregado há bastante tempo e com importante eficiência em climas tropicais, com destaque na arquitetura popular árabe em grande parte do Oriente Médio. O presente artigo visa examinar o potencial do uso de torres de vento em edificações residenciais geminadas unifamiliares, a partir do estudo de diferentes configurações de torre de vento para captação e exaustão de ar. Foram realizados ensaios em mesa d’água de modo a se observar as trajetórias de escoamento do ar no interior da edificação em cada situação proposta. O estudo demonstrou bom potencial do dispositivo para renovação do ar interior, tendo um dos estudos proporcionado uma adequada circulação de ar na altura dos usuários.

Palavras-chave: edificações residenciais geminadas; ventilação natural; torres de vento.

### ABSTRACT

A type of terrace houses is frequently found in Brazilian regions even under diverse tropical climates, especially in the northeast. Originally attributed to the Brazilian colonial period, the terrace houses are comprised of a set of several single family units attached to each other on their sidewalls, forming a row of dwellings. Therefore, this architectural typology presents internal rooms without openings for daylighting and natural ventilation. It is known that in tropical climates, natural ventilation associated with solar shading is an efficient building design strategy to reach thermal comfort by passive means. One of the strategies to provide or increase natural ventilation in buildings is the use of wind-towers, whether for wind catching or indoor air exhaustion. This device consists on shafts with openings located above the roof, designed to improve air circulation inside the buildings. This strategy has successfully been used since long time in buildings situated in Asian and African tropical dry climates. This paper investigates the use of wind-towers in single family terrace houses through the analyses of some wind-tower models both for wind-catching and indoor air exhaustion. The study was developed using “water-table” simulations to visualize the fluid patterns inside the rooms in each one of the proposed models. The analysis has shown a good performance for a particular model, which provided input and output air with satisfactory air circulation at the users’ level.

Keywords: Brazilian terraced houses, natural ventilation, wind towers.

## 1. INTRODUÇÃO

Do clima quente e úmido do litoral ao quente e seco do sertão nordestino é possível identificar um padrão arquitetônico bastante recorrente. Trata-se das habitações unifamiliares geminadas de meia-morada, cujas características remontam um fazer arquitetônico disseminado pelos portugueses no período colonial do Brasil, que outrora pertencia a uma casta social mais elevada e que hoje ainda se repete como tradição construtiva, abrigando uma vasta parcela da população de baixa renda.

Segundo a descrição de Reis Filho (1973), sobre as tradições urbanísticas e construtivas do período colonial, as cidades apresentam ruas de aspecto uniforme, com residências construídas sobre o alinhamento das vias públicas e paredes laterais sobre os limites dos seus terrenos. As edificações urbanas em sua maioria apresentam-se, portanto, sem recuos ou jardins, formando longos corredores edificados.

Silva (1991) descreve a planta da habitação comumente encontrada no repertório arquitetônico no estado de Alagoas, cujos “cômodos encontram-se alinhados no decorrer de uma circulação interna, conformando-se ao lote estreito e longo, cuja testada pode variar de 3 a 5 m. Entre a sala de estar, situada na entrada da casa e a cozinha, nos fundos, encontram-se dispostos, normalmente, dois quartos denominados de alcovas. A composição das paredes antes de taipa, depois de tijolos, suporta o telhado de duas águas que, desde o século XIX situa-se por trás da platibanda” (SILVA, 1991) (Figura 1).

No que tange ao seu desempenho ambiental, a popular habitação geminada caracteriza-se por não apresentar proteção solar nas fachadas, afastamentos nem aberturas laterais, gerando ambientes sem acesso à ventilação e iluminação natural. Características como pé-direito baixo e ausência de forro podem prejudicar as condições de conforto nos ambientes internos, pois intensificam as trocas por radiação térmica entre os habitantes e o telhado e, aquecem mais rapidamente o ar interior. Quanto à permeabilidade adequada para ventilação e iluminação natural, só são favorecidos os ambientes situados nas proximidades das duas únicas fachadas voltadas para o exterior. Dessa forma, a maioria das edificações que obedecem ao padrão descrito acima se encontra prejudicada em relação a esses fatores, ficando os ambientes internos sem uma renovação do ar adequada e sem luz natural.



Figura 1 – Exemplos da arquitetura presente no município de Pão de Açúcar e Maceió no estado de Alagoas (região semi-árida e de clima quente e úmido respectivamente), destacando a predominância da tipologia arquitetônica da casa de “porta-e-janela” (Fonte: Tathiane Martins, 2008)

Em climas tropicais, uma das soluções mais eficientes para melhoria do desempenho ambiental em edificações é a proteção solar associada ao uso da ventilação natural (KOENIGSBERGER, 1974; FATHY, 1986; BAHADORI, 1992; GIVONI, 1994; GIVONI, 1996). Sobretudo para edificações populares e de interesse social, o uso de recursos naturais de fonte renovável, como a ventilação natural, dado a seu caráter gratuito de uso, pode além de contribuir para uma melhoria na qualidade ambiental das habitações, reduzir sua demanda energética (BARROSO-KRAUSE, 2005).

Na costa litorânea do Nordeste, por exemplo, os ventos são abundantes e passíveis de serem amplamente utilizados para proporcionar conforto por meio do uso de elementos de captação em edificações (CARDOSO et al., 2005). Apesar de pouco empregada, uma das estratégias existentes para um eficiente aproveitamento desse recurso é o uso de torres de vento.

### 1.1. Os captadores de vento

As torres de vento ou “Baud-Geers” (assim denominado nos países árabes) consistem em dispositivos situados acima do nível da cobertura das edificações, podendo atuar ora como captador de vento ora como extrator do fluxo de ar, variando conforme a sua configuração e a orientação de suas aberturas em relação à direção dos ventos incidentes (CHANDRA, 1989). Tal componente arquitetônico está presente há séculos em diversos países do oriente médio, na milenar arquitetura egípcia e ainda recentemente incorporado a arquitetura moderna e contemporânea como mostram as imagens na figura 2.

O clima quente e seco, típico dos países do oriente médio, como também de localidades da região semi-árida no nordeste do Brasil, caracteriza-se por apresentar em grande parte do ano significativas

flutuações diárias de temperatura associadas a baixos percentuais de umidade relativa, radiação solar intensa e alto teor de poeira no ar. Tendo isso em vista, os captadores de vento também são eficientes na redução da areia e poeira tão frequentes nos períodos mais secos, pois o fluxo de ar captado acima da cobertura contém menos material sólido do que aquele no nível da superfície (LÔBO; BITTENCOURT, 2004).

O uso de torres de vento é ainda mais valioso em cidades de alta densidade construída de climas quentes e úmidos, onde o conforto térmico depende fortemente do movimento do ar e a massa edificada constitui-se em elevada rugosidade, reduzindo a velocidade do vento no nível da rua onde se encontram as aberturas padronizadas (FATHY, 1986).

Apesar das características desses climas apontarem a torre de vento como um dos elementos mais eficientes para o aproveitamento da ventilação natural e obtenção de conforto térmico, percebe-se que no Brasil, especialmente na região nordeste, essa estratégia é pouco empregada, provavelmente devido ao pouco conhecimento científico dessa estratégia por parte dos projetistas e de ferramentas que facilitem a aplicação prática desses conceitos. Esta dificuldade também reside no fato de que as soluções vernáculas originam-se de uma saber empírico, gradual e específico voltado para as tipologias arquitetônicas praticadas em uma determinada condição climática-geográfica, e a sua simples transposição para outras regiões pode ser problemática. Mas, atualmente na literatura observa-se que há um grande interesse na pesquisa e desenvolvimento de técnicas orientadas para dispositivos passivos da arquitetura vernácula, (BASTOS, 2008).

No contexto do clima quente e úmido, estudos recentes realizados por Lôbo *et al.* (2004) examinaram o uso da torre de vento em unidades habitacionais situados na periferia da cidade de Maceió, porém, trata-se de edificações onde a ventilação cruzada pode também ser realizada através das aberturas convencionais nas quatro fachadas. No entanto, o tema ainda encontra-se inexplorado no âmbito das habitações populares geminadas tão largamente encontradas na região.



Figura 2 – Exemplos de captadores de vento em Yzad, Irã e Emirados Árabes (Fonte: FATHY, 1986); e na arquitetura moderna inglesa, na universidade de Leicester, projeto de Alan Short e Brian Ford (Fonte: THOMAS, R., 1996).

## 2. OBJETIVO

O presente trabalho visa investigar o potencial do uso de torres de vento em edificações residenciais unifamiliares geminadas de meia-morada, a partir da análise de modelos do dispositivo orientados para captação do vento e exaustão do ar confinado nos ambientes interiores destas edificações.

## 3. MÉTODO

Com vistas a alcançar o objetivo traçado, foram estabelecidas duas etapas metodológicas principais.

- Definição do modelo e sugestão de diferentes adaptações, conforme esquema abaixo:

Tabela 1 – modelos dos dispositivos estudados.

HABITAÇÃO GEMINADA	Sem torre de vento			a.
	Com torre de vento	Sem caixa d'água	Sem defletor	b.
Com defletor			c.	
Com caixa d'água		Sem defletor	d.	
		Com defletor	e.	

- Análise comparativa das variações em modelo reduzido, utilizando ensaios em mesa d'água para avaliação das trajetórias de escoamento do ar no interior da habitação.

### 3.1. Definição dos modelos

#### 3.1.1. Habitação original (sem torre de vento)

Seguindo, predominantemente, as características já mencionadas da habitação geminada, o modelo arquitetônico, em estudo neste artigo, possui 4,5 m de testada, 18 m da fachada principal até o fundo do lote e 4,30m de pé-direito na altura da cumeeira, sendo distribuída em sala de estar, dois quartos isolados, circulação que interliga diretamente a entrada da casa a cozinha e uma sala de jantar que antecede cozinha e serviço. O banheiro, como é comumente encontrado nesta tipologia, encontra-se fora do corpo da casa, no fundo do lote. Esta configuração repete um hábito antigo de que o banheiro, devido a suas condições pouco higiênicas era excluído do restante da casa e das demais atividades. A habitação típica normalmente não possui fôrro, tendo as paredes que dividem os ambientes internos a 2,50m do piso (Figura 3).

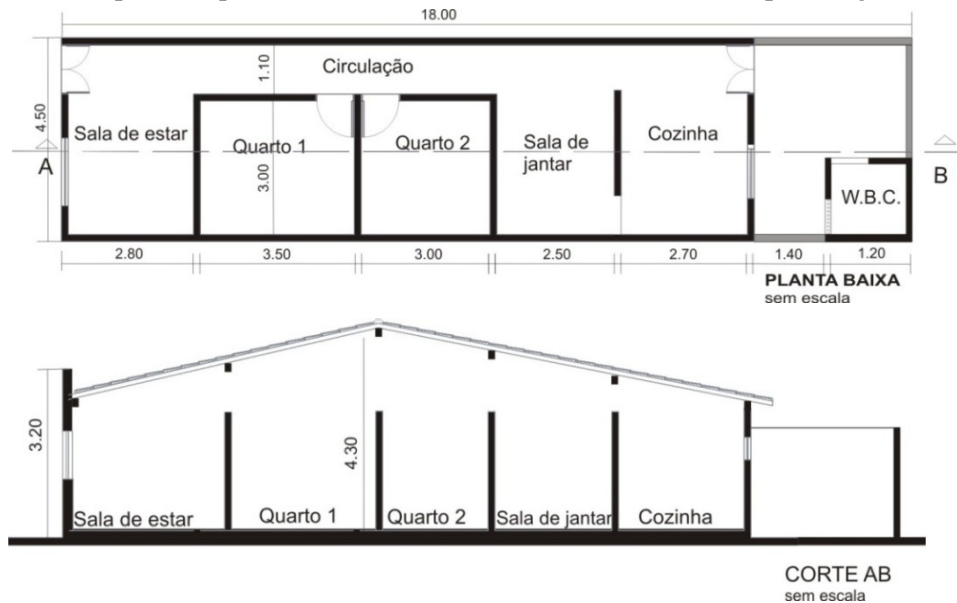


Figura 3 – Planta e Corte esquemático da habitação típica, caso (a) Tabela 1.

#### 3.1.2. Modelos adaptados

Obedecendo ao padrão de planta existente, foi elaborada uma adaptação à tipologia inserindo-se duas torres, ambas com aberturas a barlavento (captação do vento) e sotavento (para exaustão do ar), situadas a 1,60m da cobertura (Figura 4). Optou-se por uma torre para cada alcova. As torres foram locadas de modo intercalado para que não houvesse interferência entre os dispositivos, considerando a incidência dos ventos dominantes. Lembrando que o dispositivo deve ser orientado em função da direção predominante dos ventos.

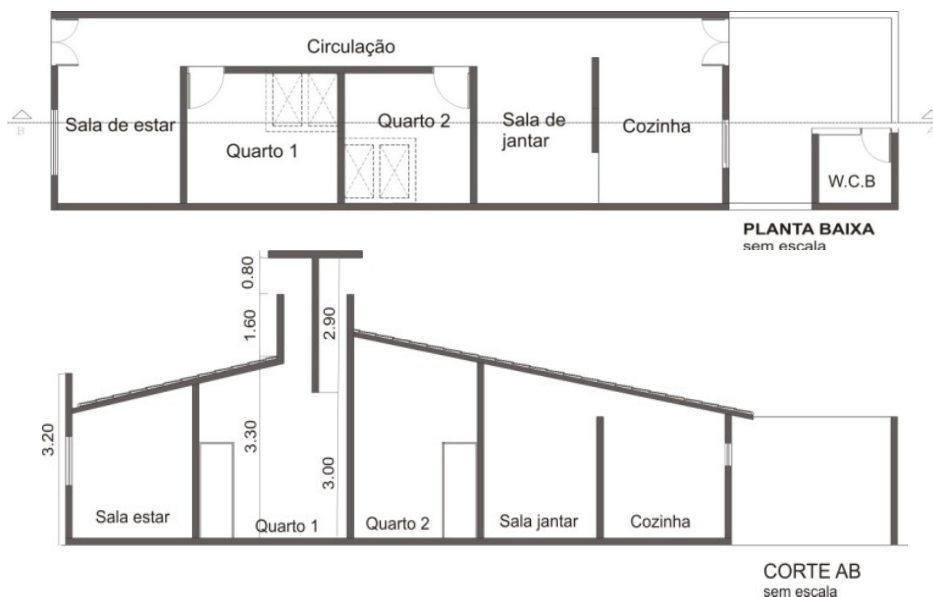


Figura 4 – Planta e corte do modelo adaptado, caso (b), Tabela 1.

Em busca de uma adequada configuração do dispositivo relacionada ao desempenho requerido de circulação de ar no interior dos quartos (alcovas), foram consideradas neste estudo as situações de edificação sem torre e com as torres incorporadas (e suas variações) acima indicadas na Tabela 1.

No estudo do caso (b), o modelo de torre tem uma parede vertical que divide a torre em dois dutos, separando as aberturas de entrada e de saída do vento, (Figura 5). O modelo do caso (c) obedece à mesma configuração espacial da torre anterior, mas acrescenta-se um defletor ao final do septo, procurando-se uma melhor distribuição do fluxo de ar no interior dos quartos. Finalmente, no caso (e) considera-se o acréscimo de uma caixa d'água acima da torre (Figura 6). Tal caso foi examinado porque nesse tipo de habitação, muitas vezes, a caixa d'água localiza-se acima da coberta.

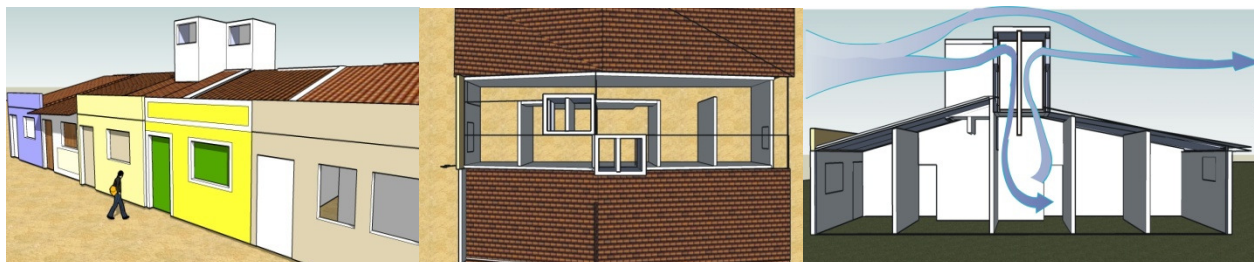


Figura 5 – Perspectiva, seção horizontal e vertical do modelo adaptado sem defletor.



Figura 6 – Perspectiva e corte do modelo adaptado com defletor e com caixa d'água acima da torre.

### 3.2. Análise comparativa com modelos reduzidos

“Para projetar uma torre de vento torna-se de fundamental importância determinar a forma de circulação de ar no interior da edificação seguindo os princípios da aerodinâmica e orientando apropriadamente a entrada do vento” (FATHY, 1986).

No entanto, o estudo e a visualização da ventilação natural nas edificações são bastante complexos. Programas computacionais como o PHOENICS 3.0 permitem a simulação tridimensional a partir de modelos gerados para representar situações reais apresentando resultados bastante confiáveis (CÂNDIDO et al., 2006). A desvantagem deste instrumento é o tempo que demanda, seja para a obtenção dos resultados de cada uma das simulações, seja para aprendizagem e agilidade no uso do programa. Em muitos casos, os ensaios na mesa d'água se constituem em interessante ferramenta para avaliar, de forma qualitativa, problemas relacionados à ventilação em edifícios, antes de se proceder, se necessário, à simulações computacionais.

Para avaliação dos modelos foi realizada experimentalmente usando a mesa d'água, existente no Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Federal de Alagoas. Esse equipamento – apesar de ser bastante empregado para estudos de hidráulica – ainda é pouco utilizado como modelo analógico para visualização da ventilação natural em edifícios. A mesa d'água consiste em um equipamento que possibilita a passagem da água acrescida de um indicador de contraste (nesse caso, espuma), através de um canal plano e homogêneo (mesa), em circuito aberto ou fechado. Em contato com os obstáculos dispostos sobre a mesa, permite a visualização do escoamento por entre as linhas de corrente e seus desvios e da formação de vórtices e esteiras – efeitos visuais muito semelhantes aos verificados em ensaios aerodinâmicos (BLESMANN apud TOLEDO, 1990, 2003).

Apesar desse método apresentar algumas limitações, tais como a visualização apenas em duas dimensões e impossibilitar a mensuração de grandezas fluido-dinâmicas locais, como pressão e velocidade, e em decorrência, as taxas de vazão, a mesa d'água apresenta-se como ferramenta bastante prática e útil, pois

utiliza maquetes, instrumento já comumente utilizado pelos arquitetos e permite a visualização continuada do escoamento, possibilitando o registro fotográfico e filmagem (TOLEDO, 2003).

Para os ensaios na mesa d'água, foram utilizados modelos reduzidos (em escala de 1:75) representando as características geométricas externas e internas dos estudos de caso selecionados para análise. Os modelos foram construídos em placas de PVC preta, material rígido que permite mais adequada manipulação no experimento (Figura 7).



Figura 7 – Mesa d'água, equipamento utilizado para simulação de ventilação natural no modelo reproduzido da habitação em estudo.

O registro dos experimentos, após a estabilização das linhas de fluxo do escoamento, foi realizado por registro fotográfico e vídeo, para melhor compreensão e consolidação dos resultados obtidos nos ensaios.

#### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

##### Caso (a): Habitação geminada (sem torre de vento)

O modelo reduzido da habitação típica foi primeiramente ensaiado na mesa d'água em sua configuração original, em planta e em corte. A maquete foi posicionada com a fachada principal a barlavento com incidência frontal do vento (figura 8). Ressalta-se que a orientação em relação à direção do vento foi determinada devido à limitação da ferramenta em possibilitar apenas a visualização bidimensional do escoamento.

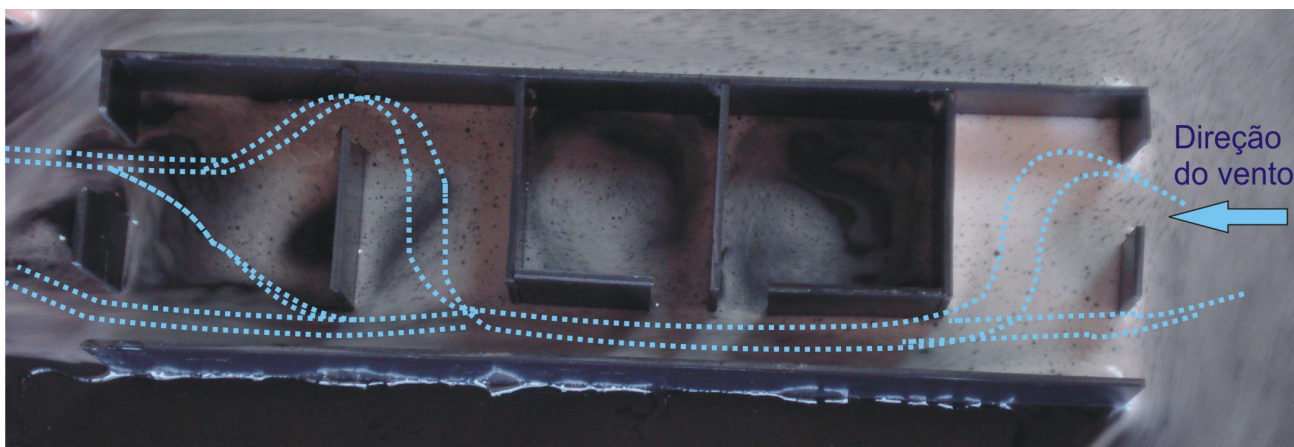


Figura 8 – Ensaio em mesa d'água do modelo da habitação em planta baixa com incidência do vento frontal a fachada principal.

Observando-se na planta da edificação a circulação do ar devido ao vento, nota-se que o fluido circula de modo satisfatório na sala de estar e corredor, chegando com menor intensidade na sala de jantar e cozinha, mas não penetra nos quartos (alcovas), onde o fluxo permanece estagnado.

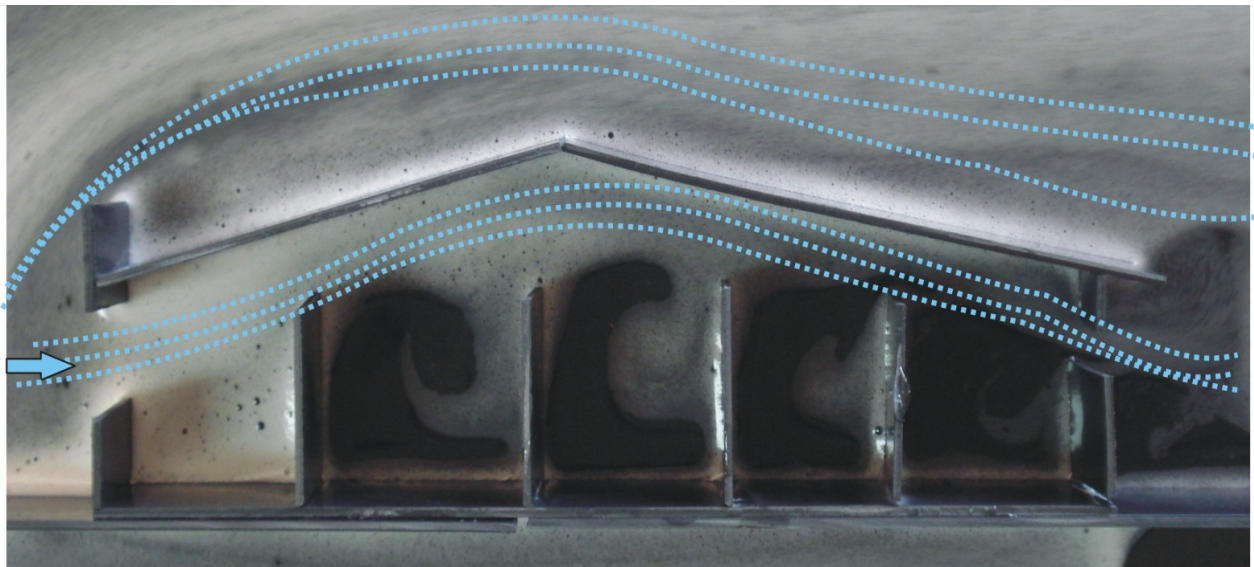
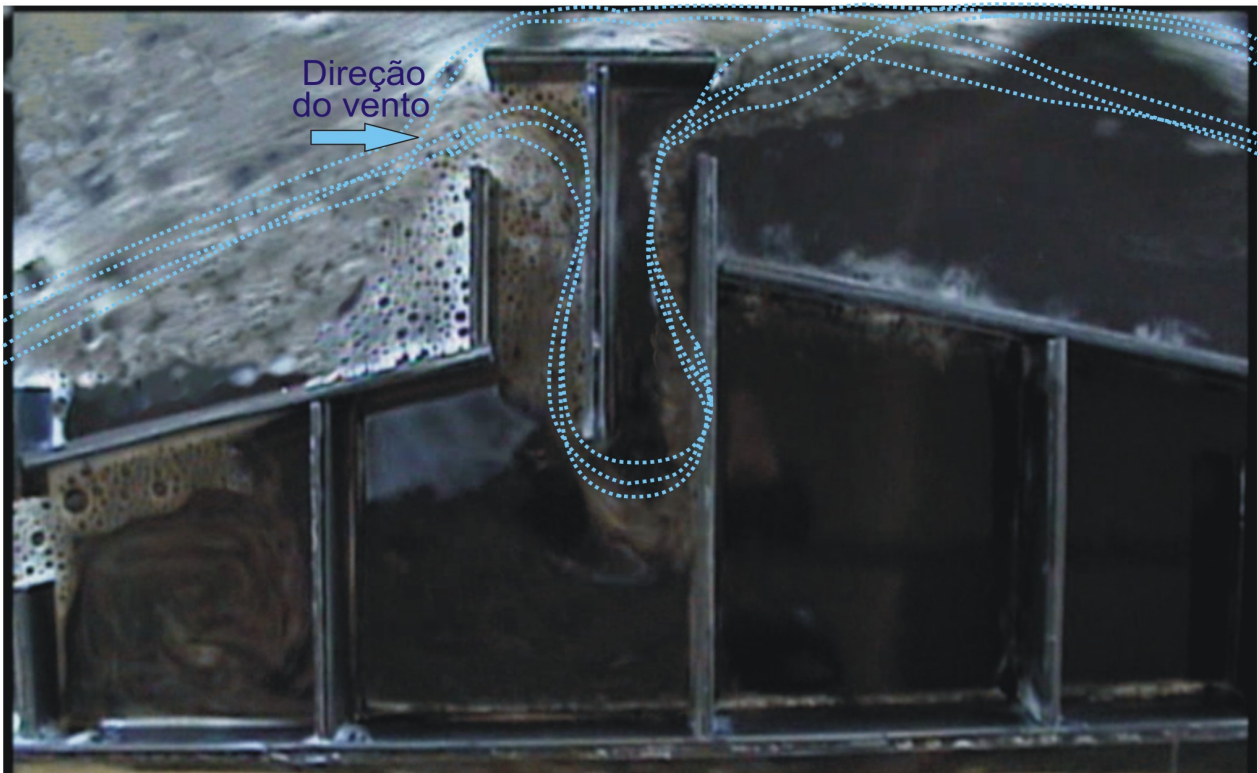


Figura 9 – Ensaios com modelo reduzido da tipologia original sem torre de vento em seção transversal.

Como pôde ser observado na figura 9 acima, o modelo reduzido em corte da tipologia original apresentou um escoamento devido ao vento permeando toda a habitação na parte superior próxima à cobertura, não circulando pelos ambientes internos situados entre a sala de estar e a cozinha. Nesses ambientes, a circulação do vento é incipiente.

No entanto, foi a partir desse ensaio que se tornou possível prever a altura desejada para o projeto da torre de vento na edificação, já que possibilitou observar as linhas de escoamento do fluxo ao passar pela platibanda (formando uma pequena esteira) e a influência da inclinação da cobertura.

#### Caso (b): Modelo sem caixa d'água e sem defletor



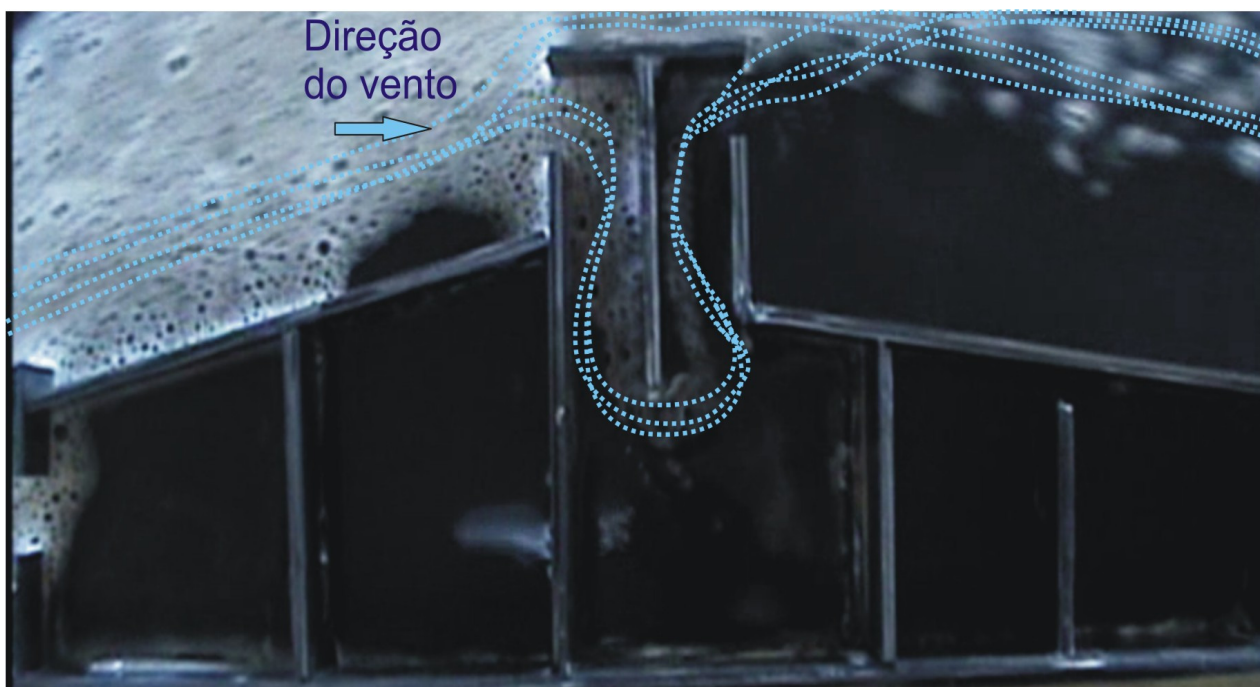
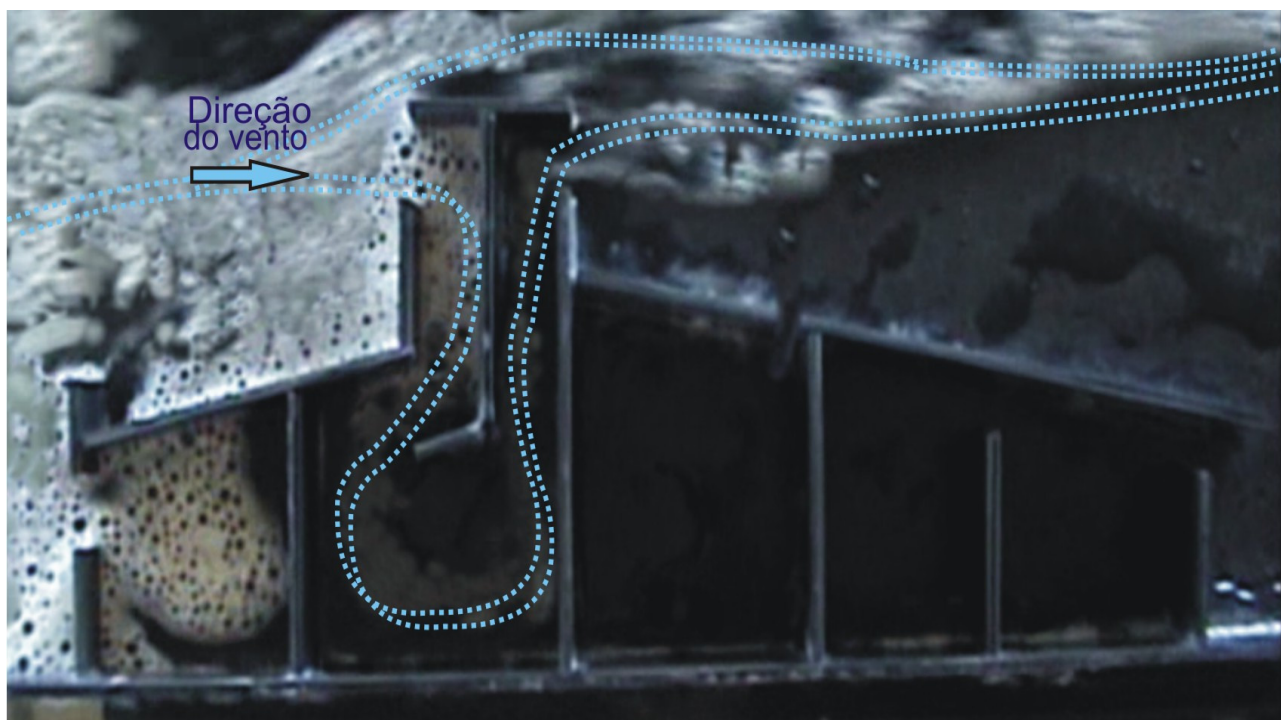


Figura 10 - Ensaio em mesa d'água do modelo com torre de vento sem defletor interno para os dois quartos estudados.

Nesse modelo, observou-se que o ar circula nas regiões mais altas do quarto, não percorrendo todo o ambiente. A presença da torre se mostrou ineficiente para ventilar o interior do ambiente na altura dos usuários. Mas pode auxiliar na renovação do ar interior. Não houve diferenças significativas quanto a distância de cada torre em relação à platibanda da casa e a qualidade no escoamento do fluxo em cada quarto.

Caso (c): Modelo sem caixa d'água e com defletor





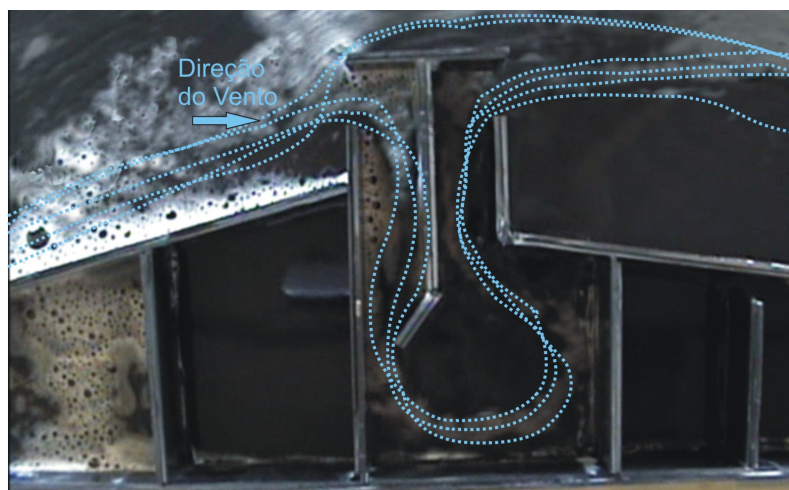


Figura 11 - Ensaio em mesa d'água do modelo com torre de vento e defletor em ambos quartos.

Em ambos os quartos, o fluxo de ar penetra e, devido ao direcionamento dado pelo defletor, proporciona uma melhor eficiência no padrão de distribuição do vento por todo o ambiente interno.

#### Caso (d): Quarto com caixa d'água e sem defletor

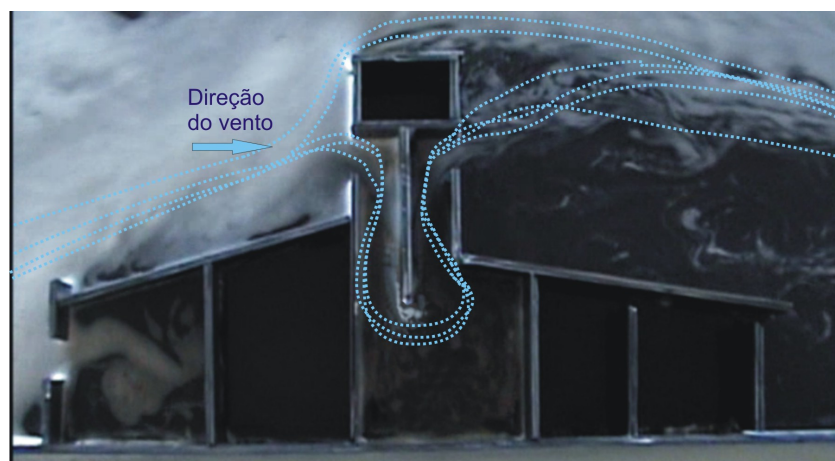


Figura 12 - Ensaio em mesa d'água do modelo Quarto 2 com incorporação da caixa d'água acima da torre de vento.

Apesar do incremento no escoamento do ar para o interior da edificação, favorecido pelo posicionamento da caixa d'água que redireciona uma parte do fluxo que escoaria por cima da abertura de entrada da torre, o ar ao entrar no ambiente não alcança a altura do usuário, circulando apenas ao longo da divisória interna da torre até encontrar a abertura de exaustão.

#### Caso (e): Quarto com caixa d'água e defletor

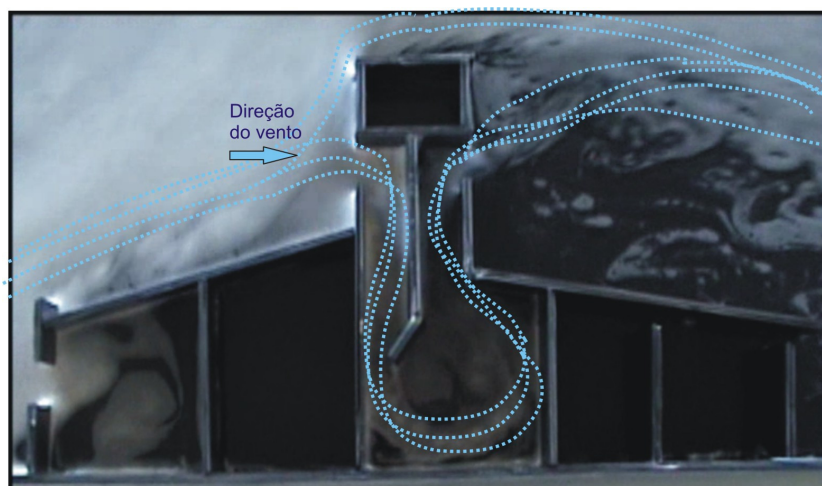


Figura 13 - Ensaio do modelo Quarto 2 com torre de vento, defletor interno e incorporação da caixa d'água acima da torre.

Com essa configuração, o fluxo de ar penetra no quarto e obedecendo ao direcionamento dado pelo defletor circula por todo o ambiente interno, apresentando-se, dentre as opções de configuração estudadas, como a mais satisfatória.

Percebe-se por meio das análises que a presença do defletor provoca uma melhor distribuição do ar nos ambientes, forçando-o a percorrer as regiões mais baixas do ambiente antes de sair. Como os estudos foram feitos para quartos, essa seria uma solução interessante visto que há uma necessidade de ventilação natural na altura da cama para que se alcance conforto térmico. Além disso, o posicionamento da caixa d'água acima do captador, além de sua funcionalidade, parece incrementar a intensidade do fluxo de ar, na entrada do captador.

## 5. CONCLUSÕES

O presente trabalho examinou o potencial do uso de torres de vento para introdução da ventilação natural em ambientes isolados em modelo de habitação geminada de meia-morada, tipologia bastante recorrente na região nordeste do Brasil, mas pouco abordada em investigações dessa natureza.

Por meio deste trabalho realizado foi possível verificar que as torres de vento podem se constituir em estratégia valiosa na promoção da renovação do ar e do conforto ambiental, por meio da circulação do ar no interior das alcovas. Os ensaios na mesa d'água mostraram-se bastante satisfatórios para análise qualitativa sobre a admissão do ar no dispositivo, a circulação no interior do ambiente e a extração, em cada um dos casos de variações examinadas. Apesar das limitações da ferramenta, por permitir apenas a visualização bidimensional do espaço modelado, tal instrumento possibilitou a análise e avaliação de um conjunto de alternativas apresentadas para resolver o problema em questão, além de uma estimativa para as dimensões do dispositivo arquitetônico. Verificou-se que o uso do defletor em quaisquer das situações examinadas se caracteriza como importante elemento a ser associado à torre de vento, possibilitando um melhor direcionamento do fluxo de ar nas alcovas.

Vale ainda ressaltar que para avaliar o potencial da ventilação natural em tipologias construtivas de menor porte, como no caso estudado deste trabalho, o procedimento metodológico adotado se apresenta como ferramenta prática e consistente. Tal condição permite que o método, apesar de simplificado, favoreça uma primeira abordagem antes de se lançar mão de processos mais complexos.

## 6. REFERÊNCIAS

- BAHADORI, M.N. **Viability of wind towers in achieving summer comfort in the hot arid regions of the Middle East**. In: Proceedings of the third world renewable energy congress, Reading, UK, 11–16 September, 1994. p. 879–92.
- BARROSO-KRAUSE, C. et al. **Eficiência Energética em Habitações de Interesse Social**. Caderno Mcidades 9; Ministério das Cidades/Ministério de Minas e Energia, Brasil, 2005.
- BASTOS, L.E.G. **A sustentabilidade na arquitetura face aos parâmetros energéticos ambientais**. In Dois séculos de brasilidade - da transferência da Corte aos países lusófonos e hispânicos: urbanismo, espacialidade e história/ L.M. Gazzaneo, organizador. Vol.1. Coleção PROARQ, Rio de Janeiro, 2008. ISBN: 978-85-88341-12-8. Páginas 67-79.
- CHANDRA, S. Ventilative cooling. In: COOK, J. (Ed.) **Passive cooling**. Cambridge: MIT, 1989.
- FATHY, H. **Natural energy and vernacular architecture: Principles and examples with reference to hot arid climates**. Londres: The Chicago University Press Ltd., 1986.
- GIVONI, B. Comfort climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, v.18, n.1, p. 11 – 23, 1992.
- \_\_\_\_\_. **Passive and low energy cooling of buildings**. New York: Van Nostrand Reinhold publishing company, 1994.
- KOENIGSBERGER, O. H., et al. **Viviendas y edificios en zonas calidas y tropicales**. Trad. Emilio R. Rios. Madri: Paraninfo, 1977.
- LÔBO, Denise, BITTENCOURT, Leonardo. A influência dos captadores de vento na ventilação natural de habitações populares localizadas em climas quentes e úmidos. **Ambiente Construído, Revista da ANTAC**. Porto Alegre, v.3, n-2, p.57-67, abr./jun. 2003.
- REIS FILHO, Nestor G. **O Quadro da Arquitetura no Brasil**. São Paulo: Perspectiva, 2004.
- SILVA, M. A. **Arquitetura moderna: a atitude alagoana**. Maceió: SERGASA, 1991.
- TOLEDO, A.; PEREIRA, F. O potencial da mesa d'água para visualização analógica da ventilação natural em edifícios. **Anais do ENCAC**. Curitiba, Novembro de 2003.