

## **VENTILAÇÃO NATURAL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ACERCA DOS SEUS MÉTODOS E AS APLICAÇÕES NO TERRITÓRIO BRASILEIRO**

Vitória Barros de Sá Magalhães (1); Danielle Leal Barros Gomes (2); Larissa Érika Frazão Bezerra (3);

(1) *Estudante de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande – Campus Pombal – vitoria\_sah@hotmail.com*

(2) *Estudante de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande – Campus Pombal – danihlbg@hotmail.com*

(3) *Estudante de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande – Campus Campina Grande – larissaerika12@gmail.com*

**Resumo:** Diante do enorme consumo de recursos exigidos pela construção civil, é necessário encontrar alternativas, de preferência naturais, que reduzam ao máximo o impacto e garantam uma construção sustentável. A ventilação natural, diante deste cenário, surge como uma alternativa barata e capaz de contribuir para maximizar o conforto das edificações, além de mitigar o consumo de recursos naturais não-renováveis. Esta revisão bibliográfica visa analisar os métodos disponíveis e usados pelos estudiosos e pesquisadores brasileiros e verificar a capacidade de aplicação em nosso território, tendo em vista que essas medidas são algo de extrema importância e que deve ser explorada em todas as construções.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade; Construção Civil; Clima; Conforto Térmico;

### **1. INTRODUÇÃO**

Conhecida como um dos setores mais significativos da economia, a construção civil é fundamental para o desenvolvimento de qualquer país. Contudo, tal título acompanha consequentemente a referencia de umas das atividades mais produtoras de resíduos. No contexto atual, a busca por um meio mais sustentável vem sendo um grande desafio e a construção civil é fator chave para isto. “Atualmente as questões energético-ambientais, sócio-culturais, e econômicas, que indicam o caminho para a sustentabilidade, passam a ser uma preocupação constante e se constituem num grande desafio para os profissionais de engenharia e arquitetura” (BASTOS, 2007).

Tendo em vista isso, é importante ressaltar que o campo da construção civil está em constante busca inovações que reduzam os impactos ambientais causados pela atividade, seja por meio de materiais alternativos ou por uma gestão de obra que vise um menor desperdício, a edificação deve seguir critérios essenciais para traga aqueles que irão ocupa-la, a comodidade, bem-estar e segurança.

A atual preocupação com o aumento do consumo de energia para o condicionamento térmico das edificações e o bem-estar de seus ocupantes incentiva a avaliação do desempenho ambiental dos edifícios. A ventilação natural proporciona o condicionamento térmico dos ambientes e contribui para um bom desempenho ambiental dos edifícios. A movimentação natural do ar de forma adequada possibilita a renovação do ar no ambiente, o que diminui a temperatura interna. Este tipo de estratégia de condicionamento térmico se faz através de aberturas como janelas, portas, lanternins, entre outros, que atuam como aberturas de entrada ou saída, e devem ser dimensionadas e estar posicionadas de modo a proporcionar um fluxo de ar adequado ao recinto.

De acordo com SOUZA (2012), a ventilação natural é um dos recursos naturais mais eficazes, quando se busca obter conforto ambiental e eficiência energética das edificações, possuindo três funções básicas: renovação do ar, resfriamento psicofisiológico e resfriamento convectivo. A ventilação natural dos edifícios acontece devido às diferenças de pressão do ar que provocam seu deslocamento e consiste na passagem do ar exterior pelo interior dos mesmos, através de suas aberturas. Existem algumas maneiras de aplicar a ventilação natural, as três principais são: ventilação cruzada, ventilação unilateral e ventilação por efeito chaminé.

Ainda segundo SOUZA (2012), em uma edificação a ventilação natural também pode ser cruzada, quando a circulação do ar se dá através de aberturas situadas em lados opostos de um ambiente, ou unilateral, quando a circulação do ar se dá através de aberturas situadas no mesmo lado de um ambiente. Já a ventilação por efeito chaminé surge a partir da força dos ventos, que promove a movimentação do ar através do ambiente, onde o ar quente em função da diferença de densidade.

“Fatores como número, tipo, posição e tamanho das aberturas existentes para a passagem de ar, perfil de ocupação e posição da edificação, em relação à direção predominante do vento, interferem no desempenho da ventilação natural” (EFTEKHARL et al., 2001; ALLOCA et al., 2003, apud de SOUZA, 2012). A ventilação natural depende não só de fatores fixos, mas também de fatores variáveis, como: direção, velocidade e frequência dos ventos; e diferenças de temperatura do ar interior e exterior.

A ventilação pode ser natural (espontânea) ou artificial (forçada). A ventilação natural se dá pela ação dos ventos (ventilação unilateral e ventilação cruzada), sendo o efeito chaminé ocasionado pela diferença de temperatura entre o ar interno e o ar externo. A ventilação artificial consiste na movimentação do ar

por meios mecânicos (COSTA, 2005). Nos sistemas híbridos, os quais utilizam as duas formas de movimentação do ar, a ventilação é associada a equipamentos mecânicos, como ventiladores e condicionadores de ar, sendo possível reduzir o consumo de energia quando as condicionantes climáticas são favoráveis, sem afetar o conforto dos ocupantes. A utilização da otimização no desempenho térmico de um ambiente é um dos objetivos mais relevantes do projeto arquitetônico (ROMERO, 2001). A otimização dos recursos energéticos por meio da redução dos custos com energia elétrica e seu consumo promovem alterações na forma como os edifícios são projetados, construídos e gerenciados.

O presente artigo objetiva analisar métodos e metodologias acerca do tema de ventilação, tanto para questões de dimensionamento das aberturas dos edifícios, conjuntas as suas características, quanto para a questão de cálculos, realizando comparações necessárias e análise das suas aplicabilidades no cenário brasileiro, que é subdividido em várias regiões em que seus climas predominantes são distintos.

## **2. METODOLOGIA**

O artigo foi desenvolvido através de uma revisão bibliográfica, proveniente de análises artigos e dissertações.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

De primeiro modo, foram estudados diversos métodos acerca do dimensionamento das aberturas de ventilação e a estimativa das suas taxas. Posteriormente foram analisados em quais locais possivelmente poderiam se encaixar e serem utilizados no cenário nacional.

- Método de Mahoney: Foi desenvolvido na década de 70, para uma concepção em climas tropicais, se aplicando diretamente ao clima brasileiro. O dimensionamento das aberturas é estabelecido em função da área das paredes externas. São propostas quatro categorias de tamanho para as aberturas:
  - grandes – de 40 a 80%, para climas quente e úmido;
  - medianos – de 25 a 40%, quando há necessidade de insolação na estação fria: em clima úmido, para qualquer mês, ou em clima seco, que precisa de armazenamento térmico, a partir de 3 a quatro meses;
  - mistos – de 20 a 30%, para clima quente e seco que precisa de armazenamento térmico de seis a dez meses;
  - muito pequenas – de 10 a 20%, para

clima seco, quando há necessidade de armazenamento térmico quase todo o ano e que apresenta problema de estação fria em até três meses. Além disso, propõe recomendações para a posição, localização e proteção das aberturas.

- Método de Straaten et al.: Foi desenvolvida para escolas na África do Sul, na década de 60, e visava o aproveitamento da ventilação natural para promover a renovação do ar e o conforto térmico. O dimensionamento da área das aberturas se dá a partir da quantidade de calor a ser retirado do ambiente pela ventilação, conforme as características de ocupação e de construção do local. E levam em consideração três coeficientes:
  - C1 – efeito combinado das aberturas em série;
  - C2 – grau de obstrução dos edifícios vizinhos;
  - C3 – inclinação da fachada em relação ao vento; além da velocidade média do vento exterior.

Esta metodologia considera apenas os coeficientes de pressão e as perdas de carga das aberturas, e apenas o processo através da ação do vento.

- Método de Toledo: Desenvolvido na década de 60, em Lisboa, e visou o estabelecimento de critérios para a normalização portuguesa de ventilação natural para habitação social. Considera-se que o vento age a partir das diferenças nas aberturas de entrada e saída, que o efeito chaminé ocorre a partir das diferenças de temperatura interna e externa do ar, e o efeito simultâneo, que ocorre ambos os efeitos já citados: chaminé e ação do vento. Tal método foi desenvolvido para desenvolvimento de cálculo, a fim de se obter resultados numéricos em relação a ação dos ventos.
- Método de Frota e Schiffer: Esse método também se retém a efeitos de cálculo, onde se objetiva ter valores da taxa de ventilação pelo efeito combinado, e se detém em um estudo em cima do método de Toledo, onde neste método, para o cálculo por ação do vento, a metodologia não considera valores diferenciados para a perda de carga das aberturas, diferenciando-o do de Toledo, onde neste se considera 0,6 para os dois processos. Também não apresentam dados de coeficientes de pressão para diferentes tipologias de edifícios. No cálculo por “efeito chaminé”, se estima valores para a massa específica do ar interior e exterior e para as diferenças de pressão nas

aberturas de entrada e saída. O fato de se estimar essas variáveis, acaba por dificultar a aplicação desta metodologia.

Considerando os métodos acima, podemos perceber que eles possuem características e formas diferentes de se obter o dimensionamento, levando em consideração muitas vezes alguns fatores, ou até mesmo, adotando valores para certos parâmetros, facilitando a utilização deles para casos diversos. Além dos estudos dos métodos já citados, foram desenvolvidos acerca do mesmo tema, metodologias de cálculo através de modelos empíricos para se estimar a ventilação natural.

- Método de Givoni: Este método é proposto como de correlação geral, baseado em dados experimentais, afim de se determinar a velocidade média do ar interior em compartimentos retangular, que possui aberturas de entrada e saída iguais e que são localizadas em paredes opostas, em relação à velocidade de referência do vento no exterior. É proposto nesse método uma equação que determina a velocidade do ar interior em função de um coeficiente adimensional (0.45), em uma proporção da área das aberturas em relação à área da parede onde estão situadas e da velocidade de referência do vento no exterior.
- Métodos dos Dados Tabulados: Baseia-se em experimentos feitos em túneis de vento que comparam a velocidade do ar na parte interna do edifício em distintas direções do vento, tamanho, número e localização de aberturas de entrada e saída do ar. A velocidade do ar interior é expressa em porcentagem, relacionando a velocidade do vento livre no exterior do edifício.
- Metodologia do CSTB: O método é executado a partir do Coeficiente Global de Ventilação (CG), proveniente da proporção da velocidade média do ar interior em relação à velocidade do ar exterior, medidos a uma mesma altura de 1,50 m. Avalia quatro coeficientes: o local (topografia, vizinhança, e rugosidade do terreno); o coeficiente de orientação (o vento nas aberturas e na malha urbana, e características naturais e edificadas); o coeficiente da arquitetura exterior (natureza e características das aberturas, tipo de telhado e existência de aberturas nele); e por fim o coeficiente aerodinâmico interior (divisão interior e disposição do mobiliário).

- Metodologia de Ernst: Consideram-se neste método a direção do vento, distribuição das pressões ao redor do edifício, o tamanho e as características das janelas e a configuração interior do edifício. Para ele, se estima um coeficiente de velocidade média do ar interior, que é regido pela proporção entre a velocidade média interior e a exterior de referência, seguida da determinação da distribuição da velocidade interior, baseado na percentagem cumulativa de área de piso em que certa velocidade é excedida.
- Método de Gidds/Phaff: Neste método é levado em consideração as diferenças de temperatura do ar e da velocidade do vento, o efeito de turbulência que causa alterações no comportamento do escoamento do ar, através de flutuações simultâneas de pressões negativas e positivas do ar no interior do edifício. Esse efeito é o responsável pelo escoamento em situações de ventilação unilateral ou quando o vento incide paralelamente às aberturas.

Essas metodologias acima citadas utilizam-se de resultados obtidos em ensaios de túneis de vento, considerando tipologias pré-definidas de aberturas. Além dos estudos dos modelos empíricos de cálculo citados, existem também os modelos empíricos para dimensionamento das aberturas, tais como o Florida I, Flórida II, Ashrae, Aynsley e a Britânica, com suas características:

- Metodologia Flórida I: Assume que as áreas de aberturas de entrada e de saída são iguais, podendo, entretanto, ser usada para pequenas diferenças de áreas (como entrada com 40% da área total). Só considera a ventilação por ação do vento, desconsiderando, portanto, o efeito das diferenças de temperatura do ar.

A Área Total das Aberturas (entrada + saída) é expressa em função: de um coeficiente adimensional (0.00079), do volume interior do edifício, do número de renovações de ar por hora, da velocidade do vento exterior, e de quatro fatores: f1 (redução da velocidade do vento), f2 (correção do terreno), f3 (correção de vizinhança), e f4 (multiplicador de altura que é função da localização do andar).

- Metodologia Flórida II: Desenvolvida para ambientes com ventilação cruzada e admite diferenças significativas de áreas entre as aberturas de entrada e de saída do ar. É

aplicável aos ambientes que dispõem efetivamente de aberturas de entrada e de saída; e parte do princípio de que todas as aberturas de entrada e de saída estão sujeitas a situações idênticas de pressões positivas e negativas, respectivamente. E também não considera a ventilação devido às diferenças de temperatura do ar interior e exterior.

- Metodologia Ashrae: Considera situações distintas de áreas iguais ou diferentes para aberturas de Entrada e Saída; e situações distintas para a ação do vento e para diferenças de temperatura do ar interior e exterior. A Área das aberturas é calculada em função da taxa de ventilação ( $Q$ ), da velocidade do vento e da efetividade das Aberturas, considerando valores entre 0.5 a 0.6, para direção de vento perpendicular e entre 0.25 a 0.35, para direção de vento oblíqua à abertura. Para áreas de Entrada e Saída iguais, devida apenas à ação do vento, é considerada a situação em que se alcança o melhor escoamento. Para aberturas com áreas diferentes, a fórmula é usada para o cálculo da abertura de menor área. A taxa de ventilação final é obtida em função da proporção entre a maior e a menor abertura. A partir dessa proporção, encontra-se o acréscimo (em percentagem) devido à diferença de áreas.
- Metodologia de Aynsley: Considera apenas a ação do vento, em situação de ventilação cruzada; desconsiderando as diferenças de temperatura do ar interior e exterior. A taxa de ventilação ( $Q$ ) é calculada em função da velocidade de referência do vento, dos Coeficientes de Pressão nas fachadas de Entrada ( $C_{p1}$ ) e de Saída ( $C_{p2}$ ), das áreas das aberturas de Entrada ( $A_1$ ) e Saída ( $A_2$ ), e dos Coeficientes de Perda de Carga nas aberturas de Entrada ( $C_{d1}$ ) e de Saída ( $C_{d2}$ ). O dimensionamento das aberturas não é obtido diretamente, mas em decorrente do cálculo da taxa de ventilação. Os seja, as dimensões das aberturas precisam ser estimadas a priori.
- Metodologia Britânica: Propõe diferentes expressões para calcular a taxa de ventilação devido à ação do vento e às diferenças de temperatura do ar, bem como a ação combinada dos dois processos. Para o cálculo da taxa de ventilação devido à ação do vento, o procedimento é igual ao do método de Aynsley. Para o cálculo da taxa de ventilação devido às diferenças de temperatura do ar, propõe considerar o Coeficiente de Perda de Carga, a diferença de temperatura interna e externa do ar e aocalização e grande extensão, apresenta diferentes tipos de

clima. Se é dividido em cinco regiões: Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste.



Imagem 1: Climas do Brasil

Na região nordeste se é identificado três tipos de climas:

- Clima Tropical: ocorre principalmente no sul da Bahia, centro do Maranhão e no litoral de todos os estados da região. Esse tipo de clima apresenta duas estações bem definidas, sendo uma seca e uma chuvosa.
- Clima Semiárido: abrange especialmente a região central do Nordeste, onde as temperaturas são elevadas durante o ano todo, as chuvas são irregulares e há ocorrência de prolongada estiagem.
- Clima Equatorial Úmido: é identificado em uma restrita área da região localizada a oeste do Maranhão, que sofre influência do clima equatorial, com temperaturas elevadas e chuvas abundantes.

Na região norte, além do clima equatorial (A temperatura média anual é elevada, variando entre 25 °C e 27 °C, com chuvas durante todo o ano e alta umidade do ar), é notória a presença do clima tropical úmido (Apresenta duas estações bem definidas: inverno(seco) e verão (chuvoso). A temperatura média varia entre 18 °C e 28 °C).

Na região Centro-oeste o clima predominante é o tropical, o qual apresenta duas estações bem definidas: inverno(seco) e verão (chuvoso). A temperatura média varia entre 18 °C e 28 °C.

- Clima tropical (duas estações bem definidas, sendo uma seca e uma chuvosa), o clima tropical atlântico (temperatura é elevada, por



volta de 25 °C. As chuvas, regulares e bem distribuídas) é registrado no litoral e, nas regiões de planalto o tropical de altitude (temperatura, com média anual entre 18 °C e 22 °C).

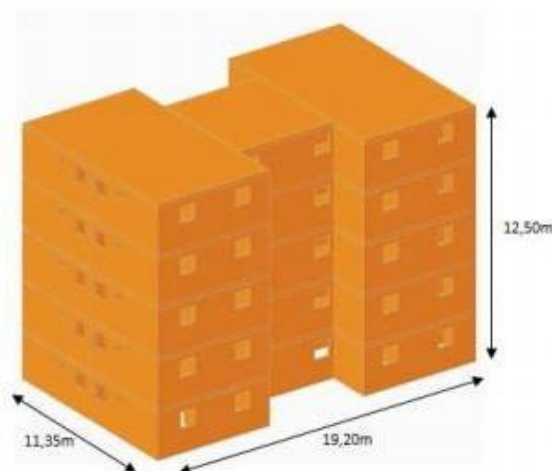
Na região Sul, com exceção do norte do Paraná, onde predomina o clima tropical, no restante da Região Sul o clima predominante é o subtropical, responsável pelas temperaturas mais baixas do Brasil.

#### 4. RESULTADOS

De acordo com o clima brasileiro, temos que o método que melhor se encaixa é o método de Mahoney, já que foi desenvolvido para climas tropicais. As aberturas grandes podem ser usadas nas regiões norte, nordeste e centro-oeste; Aberturas medianas para as áreas litorâneas, localizadas nos extremos das regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul. No caso de aberturas mistas, recomenda-se utilizar para a região sudeste; Para região sul, em específico, as aberturas devem ser pequenas ou muito pequenas devido ao seu clima bastante frio e úmido em boa parte do ano.

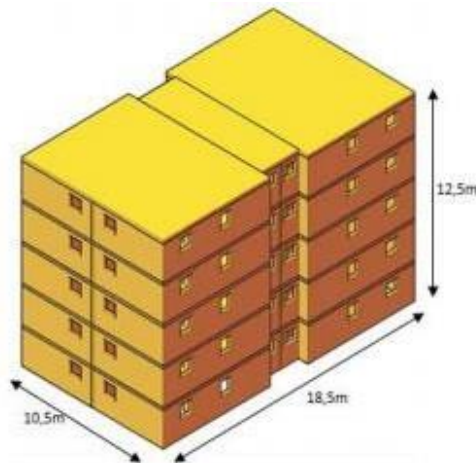
Assim, relacionou-se agora o estudo mencionado com um análise de caso realizado na região sudeste do país, que comparou 3 diferentes edificações do programa do “Minha Casa, Minha Vida” na cidade de Campinas, no estado de São Paulo. Todos os 3 casos apresentam as mesmas áreas para seus apartamentos (42m<sup>2</sup>) e seus edifícios apresentam 5 pavimentos.

O tipo 1, é de uma edificação no formato H e com maior reentrância, conforme imagem abaixo:

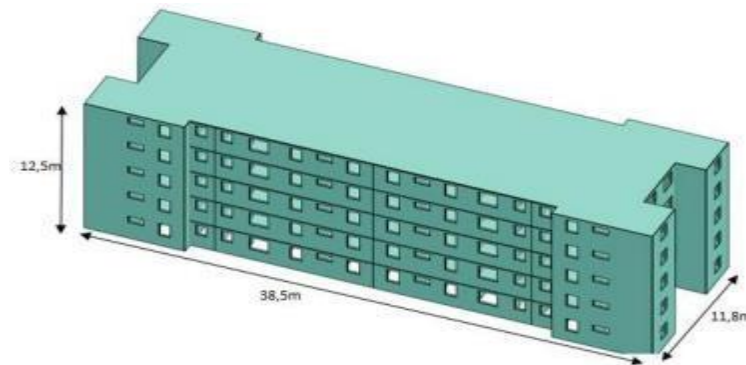


O tipo 2, sua planta é de formato retangular,

com uma leve reentrância, conforme imagem abaixo:



O tipo 3, sua planta é acentuadamente retangular e apresenta os banheiros localizados entre os quartos, conforme imagem abaixo:



No caso 1, pela sua maior reentrância proporcionada pela forma da edificação, fez com que as aberturas fossem decisivas para a maior circulação natural no interior dos apartamentos. No caso 2, também ocorreu uma boa circulação de vento, porém como apresentava uma menor reentrância, essa circulação foi inferior ao do caso anterior. No caso 3, a forma alongada da sua edificação fez com que não acontecesse uma boa circulação de ventos no interior da edificação, pelo motivo de não ter uma diferença de pressão significativa entre o exterior e o interior da edificação.

Pôde com isso perceber que as edificações no formato H, apresentaram uma maior distribuição de fluxo de ar melhorando assim o conforto nestas edificações devido a uma melhor circulação do vento. Além do formato H, as aberturas para ventilação nestes edifícios no formato misto, favoreceram esta maior circulação do fluxo de ar, comprovando assim a eficácia do método abordado, além da comprovação de uma boa alternativa ser gerada para os edifícios da região Sudeste, como abordado no artigo. As reentrâncias foram um fator que contribuíram decisivamente na escolha do melhor

formato para essas edificações.

## 5. CONCLUSÃO

É possível notar a relevância de um projeto que leve em consideração a análise da capacidade de ventilação natural no ambiente em que está inserido, e a partir disso, adotar como fatores que tragam benefícios àqueles que habitam tal edificação. Ao analisar os diversos métodos por meio de revisão bibliográfica, foi possível concluir os mais adequados para cada região. Dessa forma, para o clima brasileiro, o método de Mahoney será o mais eficiente, tendo em vista desenvolvido para climas tropicais. Dessa forma de acordo com o método, aberturas grandes para ventilação são recomendadas para regiões norte, nordeste e centro-oeste; Aberturas medianas para as áreas litorâneas; Aberturas mistas, recomenda-se para a região sudeste; Para região Sul, as aberturas devem ser pequenas ou muito pequenas.

Assim, desse modo, adotando medidas compatíveis a cada situação, é possível levar para o ambiente conforto térmico, o que consequentemente reduz a necessidade do uso de energia elétrica.

## 6. REFERÊNCIAS

BASTOS, L. E. G.; BARROSO-KRAUSE, C.; BECK, L.; **Estratégias da ventilação natural em edificações de interesse social e a norma ABNT 15220-3: Zoneamento bioclimático x potencial eólico brasileiro**. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura-PROARQ-FAU. Rio de Janeiro, 2007.

MAZON, A. A. O.; SILVA, R. G. O.; SOUZA, H. A.; **Ventilação Natural em galpões: o uso de lanternins nas coberturas**. R. Esc. Minas, Ouro Preto, 59(2): 179-184, abr. jun. 2006.

MORAIS, J. M. S. C.; LABAKI, L. C.; ROSA, L. M.; **Ventilação natural interna de edifícios do “minha casa minha vida”**. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Juiz de Fora, 2012.

RORIZ, M.; *Apostila da Disciplina Conforto e Desempenho Térmico de Edificações*; São Carlos (SP) 2008. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/geese/seqe/wp-content/uploads/2010/11/Apostila.pdf>

**SENA, C.B.; Análise comparativa entre o método de Mahoney tradicional e o método de Mahoney nebuloso para caracterização do clima no projeto arquitetônico. São Paulo 2004.**

**SOUZA, H. A.; RODRIGUES, L. S.; Ventilação natural como estratégia para conforto térmico em edificações. R. Esc. Minas, Ouro Preto, 65(2), 189-194, abr. jun. 2012.**

**TOLEDO, A. Critérios para o dimensionamento de aberturas de ventilação natural dos Edifícios. Florianópolis, 2001. Promoção ANTAC.**