



## **VERIFICAÇÃO DO PÉ DIREITO COMO TÉCNICA DE CONFORTO TÉRMICO**

*Mariana Ferreira Martins Garcia<sup>1</sup>; Phelippe Mendonça de Paiva<sup>2</sup>; Diogo Humberto Muniz<sup>3</sup>; Adriana Pereira Resende Martins<sup>4</sup>; Daniela Satie Kodama<sup>5</sup>; Wellington Mrad Joaquim<sup>6</sup>*  
<sup>1,2 3 4 5 6</sup> Universidade de Uberaba

*mariana.fferreira@gmail.com; welington@fisicatural.com.br*

### **Resumo**

O desperdício de energia nas edificações brasileiras vem se tornando um hábito cada vez mais comum com o passar dos anos. Isso se agrava ao percebermos que a busca por minimizar o desconforto térmico dentro destes espaços é quase sempre solucionada com projetos de climatização artificial. Essa percepção fica mais clara nos horários de pico de energia, onde as concessionárias quase vão ao colapso para atender a demanda requisitada. As soluções passivas de conforto térmico são encontradas em técnicas arquitetônicas que através de estudos prático-teóricos podem minimizar esses impactos ambientais. A relação entre as variáveis climáticas, humanas e arquitetônicas fazem parte desses estudos e contribuem significativamente na redução dos gastos energéticos e na melhoria da qualidade de vida dos usuários. Com base nesse panorama nota-se a necessidade de desenvolver estudos de estratégias bioclimáticas ao se projetar novas edificações. Uma alternativa é o uso da ventilação natural como estratégia a fim de obter conforto nas edificações com gastos moderados de energia. Assim, o objetivo deste trabalho é verificar a elevação do pé direito como técnica de conforto térmico. Para isso foram realizados experimentos de temperatura e umidade na sala de estar de duas residências, situadas na cidade de Uberaba-MG, que possuem a mesma orientação solar e alturas de pé direito diferentes. Avaliou-se também o uso da ventilação natural através do *software* VENTIL, para atingir conforto térmico em função da altura do pé direito e de aberturas estrategicamente posicionadas.

**Palavras-chave:** Economia Energética. Ventilação Natural. Simulação

### **1 Introdução**

A utilização de soluções e estratégias passivas de conforto térmico contribui com a redução dos gastos energéticos, com a salubridade dos ambientes internos além de promover bem estar aos usuários destes espaços. O uso da ventilação natural como estratégia bioclimática de baixo custo é uma das soluções com melhores níveis de aproveitamento dos recursos naturais e eficiência para obtenção de conforto térmico. (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2008).

Segundo FROTA; SCHIFFER (2003) a ventilação natural é o deslocamento do ar através do edifício, por meio das aberturas, umas funcionando como entrada de ar e outras, como saída de ar. Ocorrem pela diferença de pressão do ar entre áreas internas e as correntes de ar externas assim como pela diferença de temperatura ocasionando diferença de densidade, situação conhecida como efeito “chaminé”. Além de contribuir para o conforto térmico, contribui também com a economia energética da edificação devido, por exemplo, a redução do uso de aparelhos climatizadores em boa parte do ano em ambientes que utilizam técnicas como essa.

Estas soluções arquitetônicas para promoção do conforto e economia energética são muito importantes, uma vez que, o país está desde o início do ano de 2015 trabalhando com as piores condições de geração de energia devido à crise hídrica. Os dados são da Agência Nacional de Energia Elétrica ANEEL, que implantou neste ano um sistema de bandeiras tarifárias divididas nas cores verde,

## 9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

amarelo e vermelho. Através dessa classificação, sendo o verde para as melhores condições de energia e a vermelha para as piores, a ANEEL lança suas tarifas.

Dessa forma percebe-se a necessidade de estudar estratégias projetuais que alcancem o conforto térmico e reduzam os gastos energéticos. Assim como enfatizar a importância de se valorizar a consciência ambiental nas edificações.

Portanto, esse trabalho tem como objetivo verificar a eficiência da elevação do pé direito como estratégia passiva de conforto térmico.

### 2 Materiais e Métodos

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica com o intuito de aprimorar os conhecimentos sobre conforto ambiental e sobre as estratégias passiva de conforto térmico. Após esses estudos, foi feito um levantamento de Códigos Municipais de Obras dos municípios e de seus distritos em cinco cidades, uma de cada região do Brasil: Uberaba – MG, Brasília - DF, Curitiba - PR, Manaus - AM, Salvador – BA. Para complementar os estudos sobre estratégias passivas de conforto visitou-se quatro casarões antigos na cidade de Uberaba-MG que possuem pé direito elevado em busca de suas características projetuais, como seu sistema construtivo, fluxos e acessos principais, assim como o posicionamento e dimensão das aberturas.

Posteriormente, foram realizadas medições *in loco* de temperatura e umidade relativa em duas residências unifamiliares em Uberaba-MG com características semelhantes, mas com alturas de pés-direitos distintos. A primeira residência com o pé direito de 2,64 metros e a segunda, com o pé direito de 3,50 metros. Para realizar as medições utilizou-se o Termo-Higrômetro Analógico Bulbo Seco e Úmido - 10°C a +50°C fornecido pelo Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade de Uberaba. As medições foram registradas às 08h30, às 14h30 e às 18h30, durante três dias consecutivos (27 a 29 de abril de 2015). Os registros das medições realizadas *in loco*,

foram analisados e comparados com o intervalo de temperatura e umidade relativa aceitáveis de acordo com a Tabela de Mahoney. As tabelas de Mahoney propõe uma série de recomendações básicas de projeto, que através de normais climatológicas, resultam limites de conforto ideais para a área analisada.

Posteriormente, foram realizados estudos de ventilação natural através do *software* VENTIL, de propriedade do Laboratório Nacional de Engenharia Civil da Universidade Nova de Lisboa – LNEC. Na primeira residência analisada em Uberaba, adotou-se a sala de estar como objeto de estudo por ser o ambiente de maior permanência da família, o que motiva o uso de estratégia.

Para complementar os estudos e dados, realizou-se uma análise sobre a ventilação que incide na residência. A direção dos ventos predominantes em Uberaba é Oeste, com velocidade média de 3,72 m/s.

Foram realizadas quatro simulações alterando a disposição das aberturas e variando a altura do pé direito. As simulações se dividem em:

1º- Simulação utilizando configuração original da residência.

2º- Simulação utilizando disposição original de aberturas e alterando a altura do pé direito para 4,00m.

3º- Simulação utilizando o pé direito original, substituindo apenas a porta de entrada por duas janelas com peitoril de 1,40m de altura com 1,20 de largura por 0,70m de altura.

4º- Simulação com pé direito elevado a 4,00m, substituindo a porta de entrada por duas janelas com peitoril de 3,10m de altura com 1,20 de largura por 0,70m de altura.

### 3 Resultados

Através dos estudos acerca dos Códigos Municipais de Obras das cidades de Uberaba – MG, Brasília - DF, Curitiba - PR, Manaus - AM, Salvador – BA pode-se perceber que não há grades diferenças nas recomendações de altura mínima de pé direito. Para as cidades de

## 9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

Uberaba e Brasília o ideal de altura do pé direito mínima é de 2,5m. Já em Salvador, o mínimo pode ser de 2,6m. Em Curitiba, nota-se um pé-direito mais baixo, com o mínimo de 2,4m. E em Manaus, têm-se a recomendação altura do pé-direito mais alta, com 2,8m. Apesar das diferenças não serem tão grandes, percebe-se que há uma recomendação no aumento do pé-direito em regiões com clima mais quente e úmido, como o da cidade de Manaus-AM.

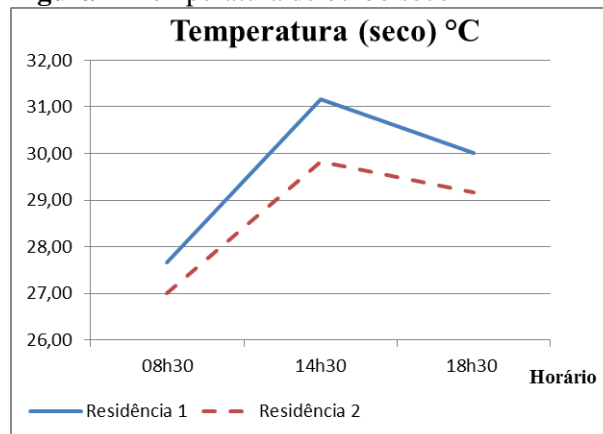
Nas visitas *in loco* realizadas em quatro casarões em Uberaba-MG, pode-se notar que todas as alturas do pé direito são maiores que 4 metros. Uma das técnicas construtivas utilizadas nesses casarões antigos são as janelas e as portas com grandes dimensões, bem como a localidade das mesmas que eram dispostas no ambiente de forma que poderiam proporcionar ventilação cruzada. Além disso, as utilizações de elementos translúcidos e transparentes da construção permitiam a penetração de iluminação natural e o contato com o ambiente exterior. Em muitos ambientes há janelas com peitoris mais altos, basculantes ou não, promovendo a convecção do ar no ambiente.

Após esta etapa, foi realizada a análise de Mahoney. Utilizaram-se as normais climatológicas de Uberaba dos anos compreendidos entre 1961 e 1990, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia INMET. Através dos dados de temperatura média (TMA) e o grupo de umidade (GU), que para o mês de abril em Uberaba tem-se TMA=21,4 °C e GU > 70%, descobriu-se que o intervalo ideal de temperatura diurna seria entre 22-27 °C. Esses dados servirão de comparativo com as registros de temperatura e umidade encontrados nas residências analisadas em Uberaba.

A figura 1 apresenta o gráfico com a média da temperatura interna das duas residências medidas nos três dias entre 27 e 29 de Abril de 2015 nos horários de 08h30, 14h30 e 18h30. Nas análises de temperatura de bulbo seco a residência 1 com pé-direito mais baixo, obteve máxima de 31,2°C e mínima de 27,7°C, já a

residência 2 com pé-direito elevado apresentou as seguintes temperaturas: máxima de 29,8°C e temperatura mínima de 27°C, (mais baixas que a residência 1)

**Figura 1**–Temperatura de bulbo seco



**Fonte:** Acervo dos Autores, 2015

Através da temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido é possível obter a umidade relativa, sendo que a residência 1 (pé-direito baixo) obteve umidade relativa máxima de 64% e mínima de 49,7% e a 2 obteve uma umidade relativa mais alta, com máxima de 67% e mínima de 53%.

As tabelas de 1 a 4 apresentam os resultados obtidos, através do *software* VENTIL, das quatro simulações com diferentes configurações de altura de pé direito e disposição de aberturas. Foi feito uma análise quantitativa dos resultados de velocidade média nas aberturas, vazão do ar em cada abertura e taxa de renovação do ar por hora em cada espaço.

**Tabela 1-** Resultados 1º simulação

| Resultados 1º Simulação  |         |     |                     |      |
|--------------------------|---------|-----|---------------------|------|
| Velocidade nas aberturas |         |     | Vazão nas Aberturas |      |
| Abertura 1               | 1, 230  | m/s | 9297                | m³/h |
| Abertura 2               | -1, 230 | m/s | -9297               | m³/h |
| Taxa de Renovação do ar  |         |     | 142, 01             |      |

**Fonte:** Acervo dos Autores, 2015

## 9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

**Tabela 2 - Resultados 2º simulação**

| Resultados 2º Simulação  |         |     |                     |      |
|--------------------------|---------|-----|---------------------|------|
| Velocidade nas aberturas |         |     | Vazão nas Aberturas |      |
| Abertura 1               | 1, 230  | m/s | 9297                | m³/h |
| Abertura 2               | -1, 230 | m/s | -9297               | m³/h |
| Taxa de Renovação do ar  |         |     | 93,72               |      |

Fonte: Acervo dos Autores, 2015

**Tabela 3 - Resultados 3º simulação**

| Resultados 3º Simulação  |        |     |                     |      |
|--------------------------|--------|-----|---------------------|------|
| Velocidade nas aberturas |        |     | Vazão nas Aberturas |      |
| Abertura 1               | 1, 086 | m/s | 8213, 4             | m³/h |
| Abertura 2               | -1,358 | m/s | -4106,7             | m³/h |
| Abertura 3               | -1,358 | m/s | -4106,7             | m³/h |
| Taxa de Renovação do ar  |        |     | 125, 45             |      |

Fonte: Acervo dos Autores, 2015

**Tabela 4 - Resultados 4º simulação**

| Resultados 4º Simulação  |        |     |                     |      |
|--------------------------|--------|-----|---------------------|------|
| Velocidade nas aberturas |        |     | Vazão nas Aberturas |      |
| Abertura 1               | 1, 086 | m/s | 8213, 4             | m³/h |
| Abertura 2               | -1,358 | m/s | -4106,7             | m³/h |
| Abertura 3               | -1,358 | m/s | -4106,7             | m³/h |
| Taxa de Renovação do ar  |        |     | 82.796              |      |

Fonte: Acervo dos Autores, 2015

### 4 Discussão

Pelos resultados da figura 1 percebe-se que a residência de pé direito mais elevado (Residência 2) obteve menor temperatura nos três horários de medições, com maior diferença às 14h30 com aproximadamente 1,4 °C. Mas ambas permanecem fora do intervalo aceitável de conforto pela análise de Mahoney, que recomenda para temperaturas diurnas entre 22°C E 27°C.

Dentre as diferentes simulações pelo software VENTIL, não obtivemos resultados tão distintos ao diferenciarmos o pé direito. O comportamento da edificação na 1º e na 2º simulação em relação à velocidade dos ventos foi o mesmo quando alterou-se a altura do pé direito. No entanto observa-se que a taxa de

renovação do ar diminui. Isto se deve ao volume que aumenta com a elevação do pé direito. A renovação do ar se dá pela vazão volumétrica dividida por um período de tempo.

Já na 3º e 4º simulação, onde existiu a substituição da porta frontal por duas janelas, houve alteração na velocidade média dos ventos, diminuindo a velocidade dos ventos na entrada e aumentando à velocidade nas aberturas de saída. As vazões também foram menores, bem como a taxa de renovação, devido o aumento no volume do ambiente.

Mesmo que haja redução da velocidade do ar ao elevar o pé direito isso pode ocasionar maior deslocamento de ar dentro do ambiente, fazendo com que o vento mude de direção até que encontre a abertura de saída. Com isso, poderá atingir níveis satisfatórios de ventilação em todo o ambiente. (NEVES, 2006).

### 5 Conclusão

No estudo realizado a partir de testes de temperatura e umidade relativa do ar, foi mostrado, que ao utilizar métodos construtivos como pé direito mais alto contribui para um decréscimo nas temperaturas internas e um acréscimo na umidade, ou seja, a residência 2 (residência com pé direito mais alto) ficou mais próxima da zona de conforto proposta pelo estudo de Mahoney.

Em relação às simulações realizadas podemos observar com os resultados que somente a elevação do pé direito é insuficiente para alterar a velocidade média da ventilação nas aberturas. Sendo mais interessante trabalhar a disposição e o tamanho das aberturas assim como aproveitar ao máximo a incidência dos ventos dominantes criando maiores zonas de deslocamento de ar. E assim, favorecer o conforto térmico e bem estar de todos os usuários.



## 9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

### Referências

Agência Nacional De Energia Elétrica.

**Bandeiras Tarifárias.** 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=758&idPerfil=2&idiomaAtual=0>>. Acesso em: ago. 2015.

Bittencourt, Leonardo; Cândido, Chisthina. **Introdução a Ventilação Natural.** 3. Ed. Maceió: EDUFAL, 2008. 173 p.

Frota, Anésia Barros; Schiffer, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico.** 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 244 p.

Centro Operacional De Desenvolvimento e Saneamento De Uberaba. **Estudo de impacto ambiental da ETE rio Uberaba.** Uberaba, 2006. 213 p.

Neves, Leticia de Oliveira. **Arquitetura bioclimática e a obra de Severino Porto: Estratégia de Ventilação natural.** 2006. 222 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990.** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>. Acesso em 28 de ago. 2015.