# ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ESPESSURA DA CAVIDADE DE AR DE FACHADAS NATURALMENTE VENTILADAS NO SEU DESEMPENHO TÉRMICO[1]

SOUZA, L. C. O., Universidade Federal de Ouro Preto, e-mail: leocarvalhobh@gmail.com; SOUZA, H. A., Universidade Federal de Ouro Preto, e-mail: henorster@gmail.com; RODRIGUES, E. F., Universidade Federal de Ouro Preto, email:elianafr@em.ufop.br

**ABSTRACT**

*Ventilated façades consist in the construction of an external façade to the building so as to form a layer of circulating air and have been widely used throughout the world contributing to the thermal performance of the built environment. In this work, a study of the efficiency of a ventilated façade using a prototype cell, focusing on the airflow and the convection of heat in the cavity formed by the ventilated façade, is carried out. The study covers measurements in loco and numerical simulation. The cavity formed by façade, that is, the thickness of the air layer between the external façade and the external wall has its values varied by 20, 15 and 10 cm. ANSYS CFX software implements a numerical model to evaluate the convection of heat in the cavity and the airflow. The results show that the presence of the ventilated façade contributes to a decrease of the temperature inside the environment and the thickness of the cavity plays an important role so that it varies the speed of wind in the entry and the heat exchange between the faces of the walls.*

***Keywords**: Ventilated façades. Heat convection. Airflow. Experimental analysis. Numerical simulation.*

## 1 INTRODUÇÃO

Algumas construções podem apresentar problemas relacionados ao conforto térmico, ventilação natural e iluminação excessiva podendo citar como exemplo as construções envidraçadas normais, especialmente quando localizadas em regiões de altas temperaturas o que força a utilização de sistemas de condicionamento mecânicos indo em contrapartida ao uso eficiente da energia (SHAMERI et al; 2011)

Tais problemas incentivam engenheiros e arquitetos a desenvolver novas tecnologias como os dispositivos de condicionamento passivos. Estes dispositivos permitem com que o ambiente interno seja regulado não por sistemas de resfriamento ou aquecimento de ar mecânicos e sim pela estrutura e design da construção e sua envoltória (NICOL; HUMPHREYS; ROAF, 2012). De acordo com Cabeza et al. (2010) a envoltória das construções apresenta um grande potencial no que diz respeito a redução do consumo energético pois possuem determinadas características térmicas e geométricas que, quando expostos ao clima, apontam para uma resposta térmica tal que propiciem condições térmicas internas adequadas ao conforto térmico dos ocupantes.

[1] SOUZA, L. C. O., SOUZA, H. A., RODRIGUES, E. F. Análise da influência da espessura da cavidade de ar de fachadas naturalmente ventiladas no seu desempenho térmico. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

Considerando a importância da envoltória no desempenho térmico de uma edificação, a utilização de fachadas ventiladas vem ganhando espaço como uma inovação de construção (GRACIA et al; 2013). Fachadas ventiladas consistem basicamente em uma construção com uma fachada normal e outra fachada adicional externa, usualmente construída em vidro, mas também podendo ser construída em outro material mais opaco. Devido ao espaço entre as fachadas se forma uma cavidade que é preenchida com ar onde ainda é possível a instalação de dispositivos de sombreamento. Tais fachadas ainda podem ser naturalmente ventiladas ou mecanicamente ventiladas, neste caso há um equipamento mecânico auxiliando na circulação do ar (BARBOSA; IP, 2014).

O funcionamento básico de uma fachada ventilada se deve ao fenômeno da chaminé térmica que ocorre na cavidade. Tal fenômeno ocorre devido a uma diferença de densidade entre o ar aquecido devido a radiação solar e o ar fresco externo, sendo o ar aquecido expulso pela abertura superior do dispositivo (DING; HASEMI; YAMADA, 2005, SOUZA; SOUZA; RODRIGUES, 2018).

Neste trabalho analisa-se a influência da espessura da cavidade de ar de uma fachada ventilada no seu desempenho térmico.

## 2 METODOLOGIA

Este trabalho abrange uma análise experimental a partir de um protótipo e uma análise numérica a partir de implementação no software ANSYS CFX.

A partir da análise experimental busca-se a obtenção das temperaturas das faces das paredes do protótipo e da fachada ventilada além das velocidades do ar na entrada e na saída da cavidade da fachada. A implementação numérica tem como objetivo a observação do processo de transferência de calor e do fluxo de ar.

### 2.1 Procedimento experimental

O protótipo tem as dimensões 3,50 m x 3,05 m, pé direito de 3,0 m, telhado em uma água, construído em alvenaria e pintado na cor branca a fim de aumentar a reflexão da radiação solar e contribuir com o conforto térmico no interior. A localização da construção é na cidade de Ouro Preto, estado de Minas Gerais, Brasil. A cidade de Ouro Preto está a uma altitude de 1.179 m e caracteriza-se por possuir um clima tropical de altitude úmido.

A posição do protótipo foi feita de modo a direcionar uma das faces para receber insolação direta no período da tarde e nesta face instalou-se uma fachada externa construída em placas cimentícias de espessura igual a 0,03 m, configurando uma fachada ventilada naturalmente. Na Figura 1 apresenta-se o protótipo com a presença da fachada ventilada.

Figura 1 – Protótipo e destaque da fachada ventilada




Fonte: SOUZA; SOUZA; RODRIGUES, 2018

A fachada ventilada foi instalada a 0,15 m do solo de modo a permitir a admissão do ar externo e foi possível a variação da espessura da cavidade preenchida pelo ar em 20 cm, 15 cm e 10 cm.

A aquisição de dados foi feita a partir de medições *in loco* durante o período de outubro de 2016 e dezembro de 2016. Fez-se a aquisição das temperaturas externa (ambiente) por meio de uma estação meteorológica local, e da face interna da fachada e das faces da parede do protótipo, além da velocidade do ar que entra e sai na cavidade.

Termopares de superfície do tipo K foram instalados na face interna da fachada e nas faces interna e externa da parede do protótipo. Para a velocidade do ar, anemômetros de fio quente foram instalados na abertura inferior e superior da fachada ventilada. Mediu-se a velocidade do ar na entrada e na saída da fachada ventilada durante o período diurno em intervalos de 10 minutos

## 2.2 Procedimento numérico

A simulação numérica foi realizada por meio da utilização do software ANSYS CFX em 3 dimensões. Para a execução da modelagem, foram feitas simulações em regime pseudo-transiente considerando o horário do dia com as temperaturas mais elevadas para as três espessuras de cavidade.

Definiu-se o modelo numérico a partir da região da fachada ventilada. A partir do modelo numérico construído no software gerou-se uma malha com elementos hexaédricos distribuídos de forma uniforme. Após a geração da malha é possível a definição das condições de contorno que são baseadas nos resultados obtidos na análise experimental, levando em consideração os três modos de transferência de calor: condução, convecção e radiação, além do fluxo de ar (SOUZA; SOUZA; RODRIGUES, 2018).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

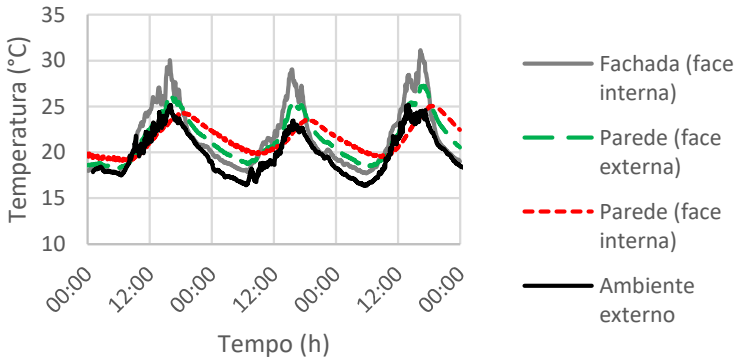
É importante destacar que não foi possível a realização de medições para todas as configurações de cavidade de forma simultânea pelo fato de haver

apenas um protótipo e então não é possível uma comparação para uma mesma condição climática. No entanto, a partir dos resultados nota-se que há uma relação entre a espessura da cavidade e a variação de temperatura nas faces das paredes.

### 3.1 Análise experimental

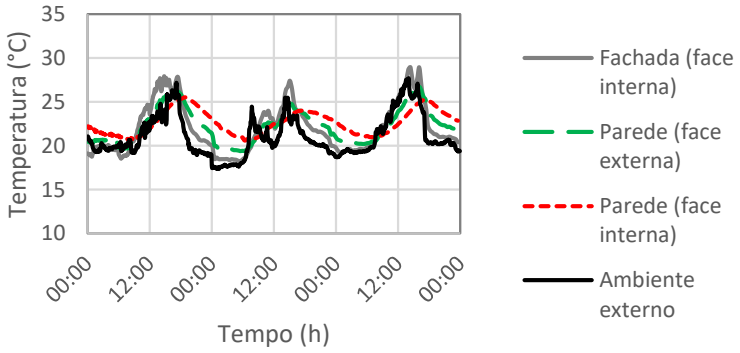
Tomando as médias de temperatura de cada face para as três configurações de espaçamento da cavidade (20 cm, 15 cm e 10 cm), obtém-se os perfis de temperatura para três dias consecutivos (72 horas) conforme apresentado nas Figuras 2, 3 e 4.

Figura 2 – Evolução temporal de temperatura (cavidade em 20 cm)



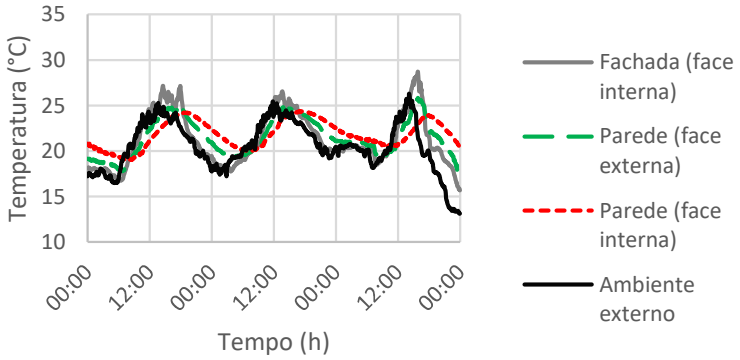

Fonte: Os autores

Figura 3 – Evolução temporal de temperatura (cavidade em 15 cm)




Fonte: Os autores

Figura 4 – Evolução temporal de temperatura (cavidade em 10 cm)




Fonte: Os autores

Observa-se por meio das curvas apresentadas nas Figuras 2, 3 e 4 que os picos de temperaturas ocorrem no período da tarde, por volta das 16h. Percebe-se também, um amortecimento térmico mais evidenciado na curva de temperatura da face interna da parede do protótipo. Isto é mais evidenciado na parede uma vez que ela é mais espessa e deste modo tem maior capacitância térmica.

Para a velocidade do ar, os resultados medidos na entrada da cavidade e na saída são apresentados na Tabela 1 através da média global dos valores coletados. Ressalta-se que não foi encontrada uma relação entre a velocidade do ar e o horário do dia, tendo uma alta variação nos resultados obtidos, que é percebido pelo desvio padrão médio.

Tabela 1 – Velocidade média de entrada e saída do ar

| **Espessura da cavidade** | **Velocidade média de entrada (m/s)** | **Desvio padrão da velocidade na entrada (m/s)** | **Velocidade média de saída (m/s)** | **Desvio padrão da velocidade na saída (m/s)** |
|---|---|---|---|---|
| 20 | 0,15 | 0,05 | 0,28 | 0,11 |
| 15 | 0,20 | 0,09 | 0,29 | 0,12 |
| 10 | 0,29 | 0,07 | 0,35 | 0,12 |

Fonte: Os autores

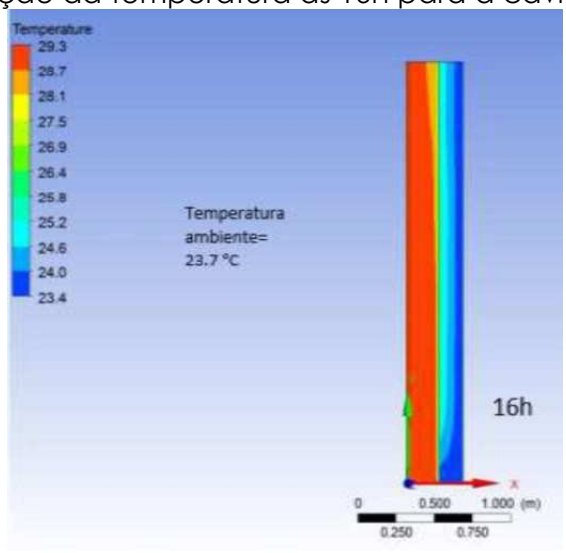
Nota-se por meio das curvas mostradas nas Figuras 2,3 e 4 e dos dados na Tabela 1 que há uma relação entre a velocidade do ar que entra na cavidade (variando de acordo com a espessura) e a remoção de calor nas faces da fachada e da parede. Tal relação pode ser esclarecida a partir da análise numérica.

## 3.2 Análise numérica

A análise numérica é feita a partir do horário com as maiores médias de temperatura de um dos três dias de medição, e como é mostrado na análise experimental as médias das temperaturas são mais elevadas às 16h.

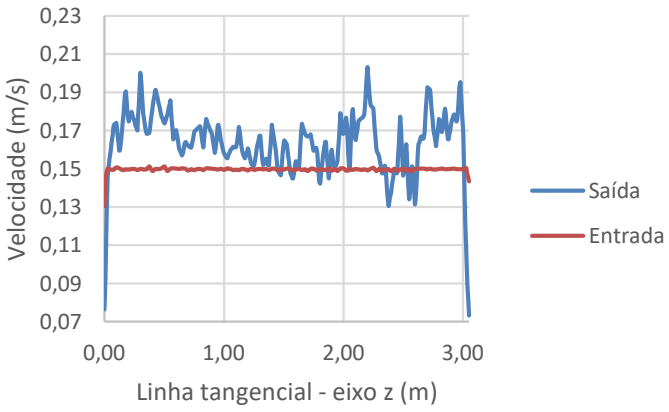
Para cada configuração de espessura da cavidade toma-se a vista lateral com a distribuição de temperaturas. Nas Figuras 5, 7 e 9 apresentam-se os resultados de temperatura para a cavidade em 20 cm, 15 cm e 10 cm respectivamente, já nas figuras 6, 8 e 10 são apresentadas as variações de velocidade do ar.

Figura 5 – Variação da temperatura às 16h para a cavidade em 20 cm



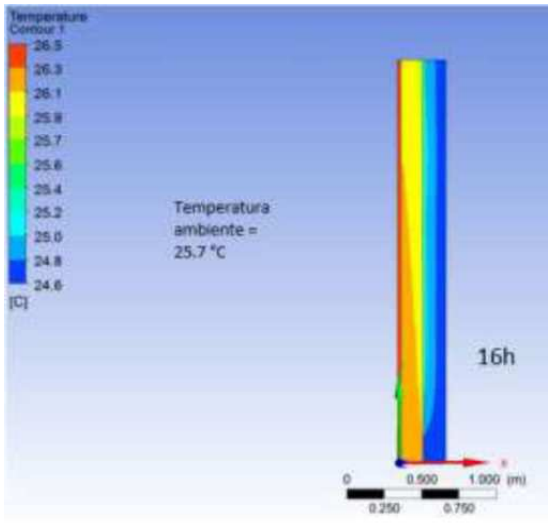

Fonte: Os autores

Figura 6 – Variação da velocidade do ar para a cavidade em 20 cm



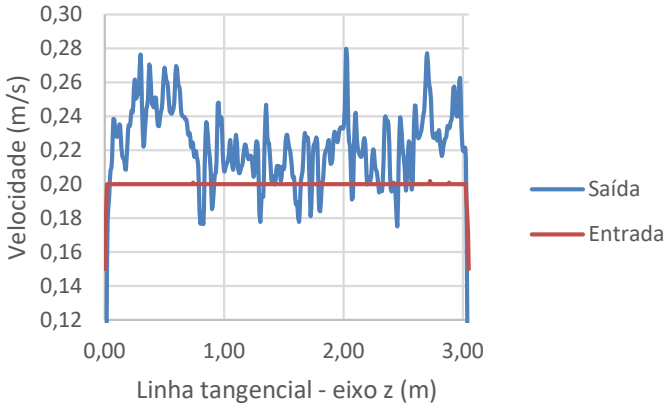

Fonte: Os autores

Figura 7 – Variação da temperatura às 16h para a cavidade em 15 cm



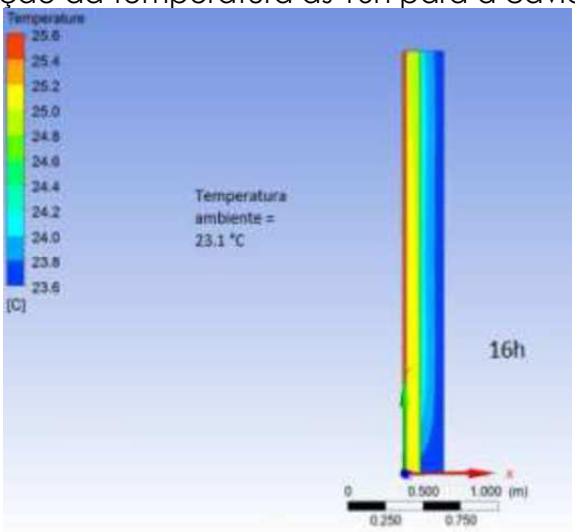

Fonte: Os autores

Figura 8 – Variação da velocidade do ar para a cavidade em 15 cm



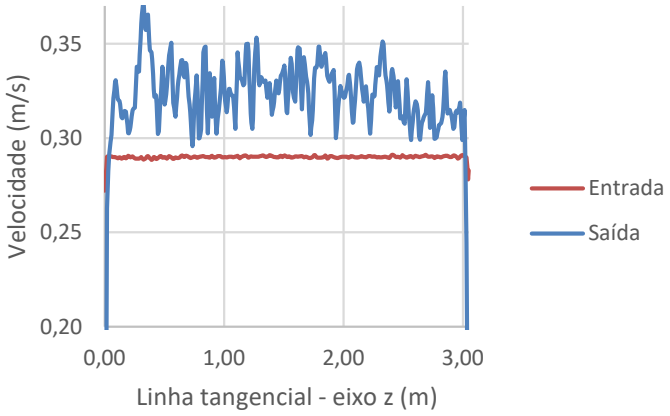

Fonte: Os autores

Figura 9 – Variação da temperatura às 16h para a cavidade em 10 cm




Fonte: Os autores

Figura 10 – Variação da velocidade do ar para a cavidade em 10 cm




Fonte: Os autores

Levando em conta a variação da temperatura e da velocidade do ar na fachada proposta por meio dos resultados apresentados, percebe-se que a cavidade com menor espessura propicia maiores valores médios de velocidade do ar e então a remoção de calor na cavidade de ar é mais efetiva. No caso da cavidade mais espessa há uma redução da temperatura da parede do protótipo (em relação a fachada), porém de uma forma menos efetiva já que a circulação do ar é mais lenta.

## 4 CONCLUSÕES

Para esse estudo realizado, conclui-se que a cavidade com espessura de 20 cm propicia uma maior diferença de temperatura entre as faces da fachada e da parede, porém tal diferença não implica em uma maior redução de temperatura quando comparado com as outras configurações.

Já para a fachada em 10 cm ocorre a maior redução da temperatura na cavidade e então contribui com a redução da temperatura na face interna da parede do ambiente interno o que consequentemente pode contribuir para a redução da temperatura do ar interno e com isso melhorar o conforto térmico dos ocupantes. Tal fato pode ser justificado devido a maior velocidade de entrada do ar, o que permite uma maior renovação do ar na cavidade.

Os resultados numéricos confirmam que a espessura da cavidade exerce papel importante no projeto de uma fachada ventilada e no seu desempenho. No entanto deve-se estar atento ao fato de que uma espessura de cavidade ótima é dependente de fatores como as condições climáticas locais além das características da fachada ventilada, como material, tamanho e distância da parede.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFOP, FAPEMIG, CAPES e CNPq.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA Sabrina, IP Kenneth. Perspectives of double skin façades for naturally ventilated buildings: A review. In: **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier, 40:1019 – 1029, 2014.

CABEZA L. F., CASTELL A., MEDRANO M., MARTORELL I., PÉREZ G., FERNÁNDEZ I. Experimental study on the performance of insulation materials in Mediterranean construction. In: **Energy and Buildings**, Elsevier, 42:630 – 636, 2010.

DING Wenting, HASEMI Yuji, YAMADA Tokiyoshi. Natural ventilation performance of a double-skin façade with a solar chimney. In: **Energy and Buildings**, Elsevier, 37:411 – 418, 2005.

GRACIA Álvaro de, CASTELL Albert, NAVARRO Lidia, ORÓ Eduard, CABEZA Luisa F. Numerical modelling of ventilated facades: A review. In: **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier, 22:539 – 54, 2013.

NICOL Fergus, HUMPHREYS Michael, ROAF Susan, **Adaptive thermal comfort:** principles and practice. Routledge, 2012.
SHAMERI M. A., ALGHOUL M. A., SOPIAN K. S., ZAIN M. Fauzi M., ELAYEB Omkalthum. Perspectives of double skin façade systems in buildings and energy saving. In: **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier, 15:1468 – 1475, 2011.

SOUZA L.C. O.; SOUZA H.A.; RODRIGUES E.F. Experimental and numerical analysis of a naturally ventilated double-skin façade. In: **Energy and Buildings**, Elsevier, 165: 328 – 339, 2018.