



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VII ELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

VENTILAÇÃO NATURAL EM ESPAÇOS INTERNOS A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE CHAMINÉ SOLAR

Fernando Sá Cavalcanti (1); Maurício Roriz (2)

(1) Arquiteto, Doutorando do Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo – IAU / USP.
e-mail: fsacavalcanti@usp.br

(2) Arquiteto, Docente do Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos. UFSCar. São Carlos, SP. E-mail: m.roriz@terra.com.br

RESUMO

Este trabalho tem como finalidade investigar a influência que o uso de chaminés solares possui na ventilação natural em edifícios localizados no Brasil. Tendo em vista que o Brasil é um país tropical e possui um grande potencial para aproveitamento da radiação solar ainda pouco explorado, pretende-se verificar a hipótese de que a utilização deste dispositivo pode melhorar ventilação em espaços interiores, de modo a contribuir na promoção do conforto para os usuários destes ambientes. Esta análise se deu a partir de simulações computacionais utilizando o software *EnergyPlus*[®], para oito cidades brasileiras, representativas de cada uma das zonas bioclimáticas do país, nos períodos de inverno e verão. O dispositivo investigado apresentou desempenho satisfatório, aumentando a ventilação natural no período diurno em todas as cidades simuladas, inclusive no período de inverno, quando a ventilação natural pode não ser desejável em alguns climas. Este trabalho pretende contribuir para estabelecer um referencial teórico sobre o assunto, além de fornecer diretrizes projetuais para edifícios mais eficientes do ponto de vista energético, contribuindo para que o potencial deste dispositivo seja investigado nas mais diversas regiões brasileiras, buscando adaptar sempre as edificações ao clima do sítio onde serão construídas.

Palavras-chave: ventilação natural, chaminé solar, energyplus.

ABSTRACT

Brazil is a tropical country featuring largely of its territory with hot and humid climate and few studies on the utilization of solar radiation on buildings. In this paper was investigated the influence of using solar chimney in building located in Brazil to increase the natural ventilation in indoor spaces, promoting thermal comfort. This analysis was made using computer simulations in *EnergyPlus*[®] software for eight Brazilian cities, in different bioclimatic zones, considering summer and winter. The results indicated an increasing of the natural ventilation in indoor spaces located in all cities simulated, including the period of winter, when the natural ventilation isn't necessary in same climates. This paper aims to contribute to establish a theoretical framework on the subject, presenting guidelines for projective buildings more efficient from the standpoint of energy, contributing to the potential of this device is investigated in several Brazilian regions. Always trying to adapt the buildings to the climate of where it will be built.

Keywords: natural ventilation, solar chimney, energyplus.

1. INTRODUÇÃO

A ventilação natural regula o clima interno de uma edificação por meio de trocas de ar através das aberturas. As forças motrizes naturais geram o efeito chaminé, que tem sua origem na diferença de temperatura entre o ar externo e o ar no interior do ambiente construído, além da diferença de pressão entre dois pontos distintos. Uma circulação natural de ar adequada dentro do ambiente construído, além de auxiliar na diminuição da sensação de calor, contribui para a renovação do ar interno (remoção dos poluentes) (MAZON, et al, 2006).

Atualmente, o conceito de chaminé solar é bastante amplo e engloba dispositivos construídos com diferentes objetivos e com considerável variedade de configurações. Estas chaminés podem ser utilizadas com os coletores solares na forma vertical, horizontal ou inclinadas. Estudos incrementaram outros recursos no intuito de otimizar o desempenho deste sistema, aproveitando da melhor forma a incidência dos raios solares. A chaminé solar é um sistema para melhorar a ventilação natural em edifícios a partir do aquecimento por convecção de ar no interior deste componente por meios passivos.

Szokolay (2004) afirma que apenas o efeito chaminé em climas quentes, pode ser insuficiente para produzir o fluxo de ar necessário devido à pequena diferença entre as temperaturas do ar externo e interno que não costuma ser suficiente para atingir o resfriamento fisiológico do corpo humano, promovendo quase sempre velocidades do ar inferiores às necessárias para alcançar este resfriamento (entre 0,15 e 1,5 m/s para condições tropicais) surgindo a necessidade de incrementar este fenômeno, por exemplo, a partir do uso de chaminés solares, aumentando a ventilação natural no interior dos ambientes (NUGROHO et al, 2006).

Uma chaminé convencional opera apenas sob condição de convecção natural, quando a temperatura do ar no interior da chaminé é maior que a temperatura do ar exterior. O fluxo de ar depende da diferença de densidade entre o ar interno e o ar externo à chaminé. Já a chaminé solar apresenta uma ou mais paredes envidraçadas. Estas superfícies estão expostas à radiação solar e a superfície interna da chaminé também absorve energia solar e aquece o ar dentro dela. O conceito de chaminé solar é semelhante ao de uma parede Trombe. A parede Trombe utiliza um lado do vidro vertical da parede de um edifício para absorver e recircular o ar quente para aquecimento ou resfriamento do edifício. A chaminé solar é projetada para fornecer ventilação do edifício e está localizada na parte superior da edificação (ONG, 2003).

Chaminés solares são aquelas que aproveitam a energia do sol para incrementar a diferença de pressão entre diferentes pontos do percurso de ar e, por consequência, otimizar os fluxos de ventilação natural. Convertendo a energia térmica em energia cinética do movimento de ar, as chaminés solares têm inúmeras aplicações, entre as quais se destacam a ventilação, o aquecimento ou o resfriamento solar passivo de edificações, secagem de produtos, ou mesmo geração de eletricidade (CHEN et al., 2003).

A Figura 1 apresenta um exemplo de chaminé convencional e outro de chaminé solar, construídas na cidade de São Carlos – SP.



Figura 1 – Chaminé convencional (vertical) e chaminé solar (inclinada) localizadas na cidade de São Carlos – SP

Fonte: CAVALCANTI, 2010

No Brasil, as chaminés solares têm sido utilizadas e pesquisadas de forma restrita ao âmbito rural, com finalidade de secar madeira ou produtos agrícolas, como grãos ou frutas, com resultados muito superiores aos obtidos por meio de sistemas convencionais (SANTOS, 1997); (MORAES-DUZAT et al., 2000); (MARTINS et al., 2002); (SOUZA et al., 2007); (FERREIRA et al, 2008); (MAIA et al, 2009).

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é investigar a influência que o uso de chaminé solar pode provocar na ventilação natural de edificações localizadas em diferentes climas do Brasil, sendo um clima para cada zona bioclimática brasileira, conforme o zoneamento proposto na NBR-15220 (ABNT, 2005), contribuindo para o estabelecimento de bases e recomendações para a concepção de projetos energeticamente mais eficientes nos climas brasileiros, além de ampliar a bibliografia sobre o tema.

3. MÉTODO

Foram realizadas simulações computacionais utilizando o software EnergyPlus. Para estas simulações, o modelo dotado de chaminé solar sofreu alterações na inclinação do coletor, de modo que os raios solares incidam perpendicularmente no coletor para cada mês do ano.

As simulações foram realizadas considerando dois dias típicos de projeto, um para o inverno e outro para o verão, representados pelos dias 22 de junho e 22 de dezembro (Solstícios de inverno e verão respectivamente). Os modelos foram simulados de modo a verificar a influência que a temperatura, radiação incidente, geometria e inclinação do coletor solar da chaminé possuem sobre a variação da velocidade do ar no interior da edificação.

3.1 – Descrição dos modelos digitais dos sistemas simulados

Foram investigadas diversas configurações de chaminé solar para um mesmo ambiente padrão. O espaço interno da edificação em estudo tem dimensões com 1,30m por 2,40m e pé direito de 2,20m, gerando um volume de ar de 6,89 m³ no interior da edificação. A chaminé funciona como abertura de saída do ar, localizada no lado oposto à abertura de entrada de ar. Para a abertura de entrada do ar na célula de teste, manteve-se dimensões constantes, com distância de 0,30m da sua face inferior até o piso e altura de 0,50m, com largura de 0,80m. Para a abertura de saída da célula (abertura de entrada da Chaminé) e para a abertura de saída da chaminé, foram consideradas dimensões de 1,00m por 0,18m e altura de 2,02m, conforme apresentado com maiores detalhes nas Figuras 2 e 3.

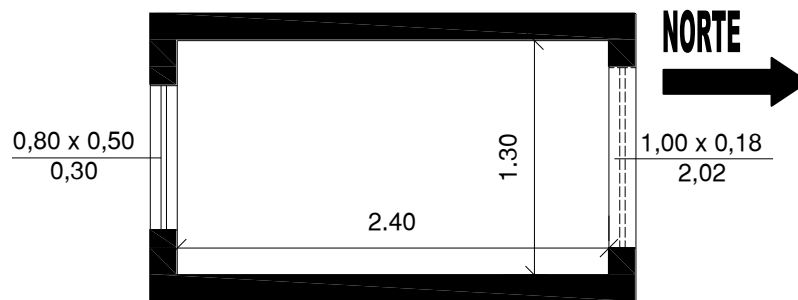


Figura 2 – Planta Baixa do modelo a ser simulado
(SEM ESCALA)

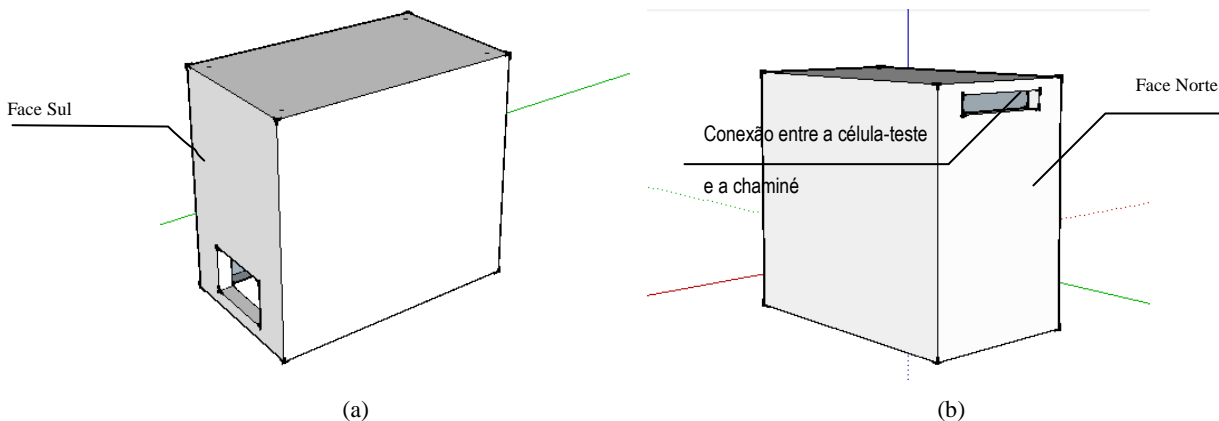


Figura 3 – Vista das aberturas de entrada (a) e saída (b) do ar para os modelos computacionais de edifícios – sem escala

A abertura de conexão entre a célula e a chaminé localiza-se na fachada Norte com área de 0,18m² e a chaminé solar possui 1,80m de altura a partir da face externa da laje da edificação, sendo esta dimensão obtida a partir da relação ótima proposta por Bouchair (1994) e por Li (et al, 2004) sendo S/L igual a 1/10.

As paredes das Chaminés apresentam alta absorvência devido a pintura na cor preta, favorecendo o aquecimento do ar no interior da mesma, conforme apresentado nas Figuras 4 e 5.

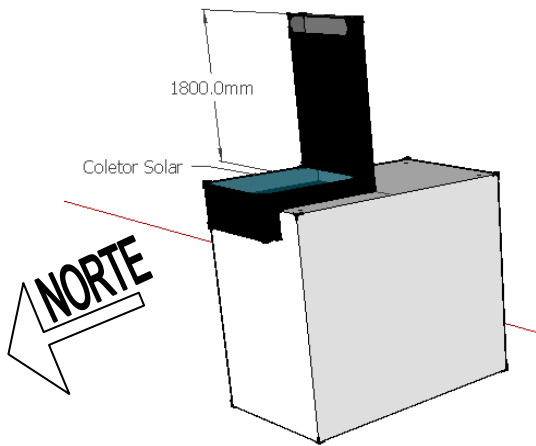


Figura 4 – Vista do modelo com chaminé solar com o coletor horizontal – sem escala

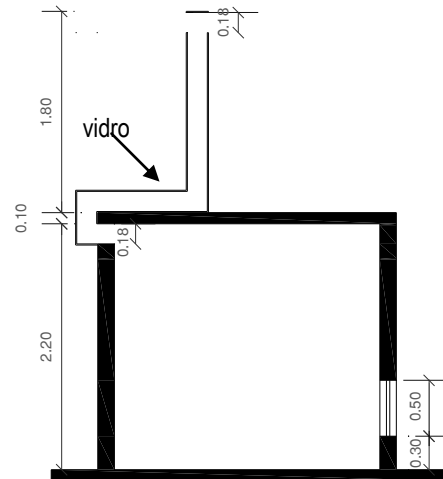


Figura 5 – Corte esquemático do modelo com chaminé solar com o coletor horizontal – sem escala

A inclinação do coletor solar foi considerada variável ao longo do ano, pois sabe-se que o ângulo de incidência da radiação solar sobre qualquer superfície varia em função da latitude do lugar, da hora e do dia. Quanto menor for este ângulo em relação à Normal, maior será a irradiância, ou seja, a quantidade de energia solar que atinge cada unidade de área da superfície.

As simulações deste trabalho foram realizadas considerando a inclinação ótima do coletor a cada mês do ano, com relatórios horários, para dias típicos de projeto no inverno e verão. Para tal, foi considerado um dia médio de cada mês (dia 15) e calculada a altura solar a partir do ângulo de declinação para estes dias, considerando cada uma das oito cidades ao meio dia ($AHS^1 = 0^\circ$), bem como o azimute para esta mesma condição, de modo a identificar a posição relativa do sol e em seguida calculou-se a inclinação do coletor a partir do ângulo complementar da altura encontrada.

Para as poucas situações em que o coletor deveria ser ligeiramente voltado para o Sul (Inclinação negativa), no intuito de simplificar as simulações e propor um modelo de chaminé com construtibilidade viável, considerou-se o coletor solar horizontal, com a abertura para saída de ar ainda localizada na fachada norte. Deste modo, todas as simulações foram realizadas com a abertura de saída do ar orientada para o norte, conforme recomendação para as edificações localizadas no hemisfério sul, os ângulos de inclinação do coletor solar para cada cidade simulada são apresentados na Figura 6.

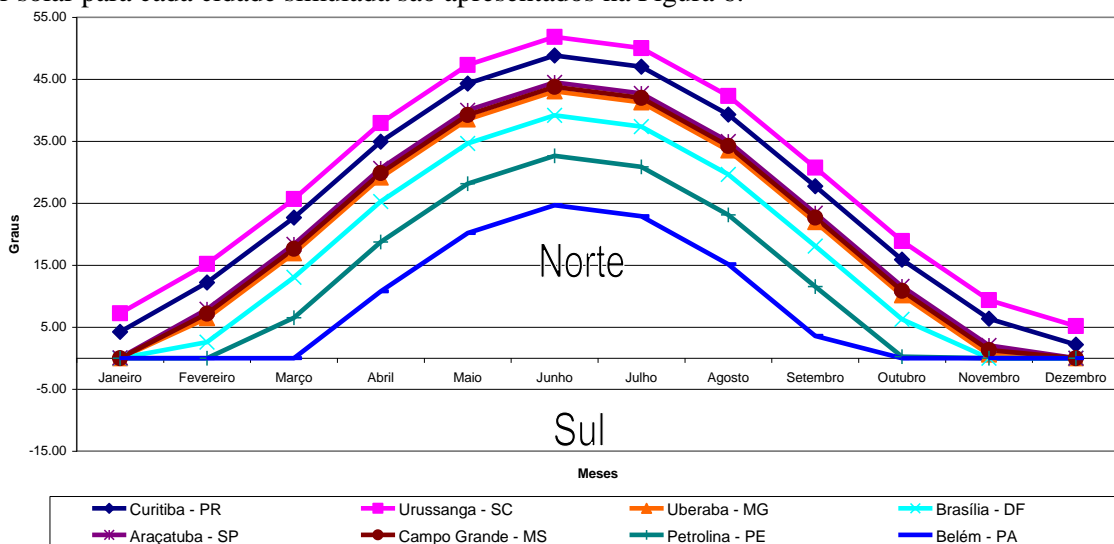


Figura 6 – Inclinação do coletor solar simulado para as 8 cidades analisadas, com orientação Norte.

¹ AHS – O ângulo horário do sol (AHS) é a distância angular entre a direção dos raios solares ao meio dia e sua direção no momento (h) considerado.

3.2 – Cidades simuladas

Foram simulados os modelos para oito cidades brasileiras, uma para cada Zona Bioclimática (Figura 7) de acordo com a classificação da NBR-15220 (ABNT, 2005).

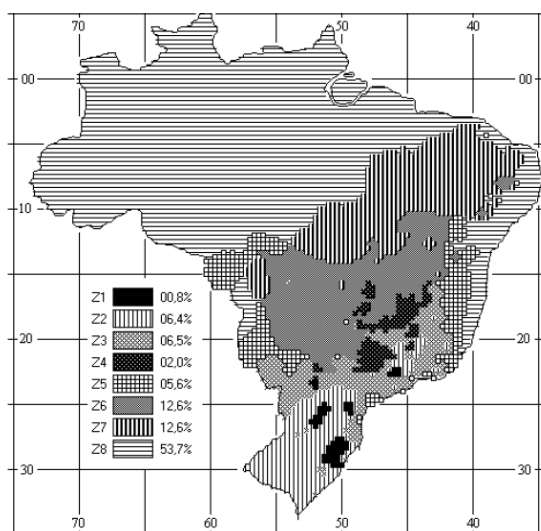


Figura 7 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro

Fonte: NBR-15220 (ABNT, 2005)

O critério de escolha das cidades foi inicialmente a disponibilidade de dados para gerar dias típicos de projeto para inverno e verão no software EnergyPlus, além da localização destas cidades, devendo contemplar todas as regiões brasileiras, com seus climas diferenciados. A Figura 8 apresenta as cidades que foram escolhidas para as simulações. O coletor solar foi orientado na direção Norte, já que todas as cidades a serem simuladas encontram-se no hemisfério sul.

Cidades Simuladas	Estado	Zona Bioclimática	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Curitiba	PR	1	-25.52	-49.18	934
Urussanga	SC	2	-28.52	-49.32	130
Uberaba	MG	3	-19.75	-47.92	743
Brasília	DF	4	-15.87	-47.92	1171
Araçatuba	SP	5	-21.20	-50.43	500
Campo Grande	MS	6	-20.47	-54.67	532
Petrolina	PE	7	-9.35	-40.55	376
Belém	PA	8	-1.38	-48.48	10

Figura 8 – Relação das cidades utilizadas para simulações

Na elaboração dos *Designdays* (dias típicos de projeto no *software EnergyPlus*), optou-se por manter a velocidade do vento igual a 0,01m/s, de modo a verificar apenas a ventilação gerada pelo efeito chaminé (diferença de pressão) e pelo efeito estufa no interior da chaminé solar, minimizando os efeitos gerados pela força do vento exterior, além de propor soluções para regiões com alta densidade urbana, onde a ventilação natural na altura das aberturas é muitas vezes imperceptível pelo ser humano.

3.3 – Sistema construtivo

Para elaboração dos modelos digitais, foi considerado o seguinte sistema construtivo:

As paredes externas do ambiente analisado são de alvenaria constituída por tijolo cerâmico maciço (9,0 x 5,0 x 19,0cm), apresentando revestimento interno e externo com 3 cm de argamassa de areia, cimento e cal, pintadas com tinta branca, sendo as chaminés construídas com chapas de alumínio pintadas de preto, com 0,001m de espessura e aberturas de entrada e saída do ar medindo 0,18 x 1,00 m.

O coletor solar é formado por uma placa de vidro simples (3,0mm) e área de 1,00 m², que segundo Caram (et al, 1995) é o tipo de vidro que permite maior transmissão de radiação solar para o interior da edificação, intensificando o efeito estufa.

A seção da chaminé onde encontra-se o coletor solar, possui um isolamento térmico de 5 cm de espessura, constituído de poliestireno expandido, de modo a evitar as trocas térmicas por convecção entre a chaminé e o ar do entorno, assim como as trocas térmicas por condução entre as chapas que compõem este dispositivo e o ambiente interno. A cobertura é em laje de concreto com 10 cm de espessura, também pintada de branco. A laje do piso da célula é constituída por uma camada de concreto aplicada diretamente sobre o solo, permitindo trocas térmicas entre a célula e o solo.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Observa-se após as simulações que ocorre um aquecimento do ar no interior da chaminé, principalmente em decorrência do efeito estufa provocado pela radiação de ondas curtas que atravessa o vidro do coletor, o que acentua a diferença de temperatura (Δt) entre as temperaturas do ar interno e do ar externo, podendo chegar a 7°C no inverno e 6°C no verão.

É possível verificar também na figura 9 que na maioria das cidades analisadas, esta diferença se torna mais acentuada no verão, excetuando as cidades de Uberaba, Brasília e Belém e em alguns meses a cidade de Urussanga. Este aumento da temperatura do ar interno é provocado principalmente pelas trocas térmicas entre o ar no interior da chaminé e as placas de alumínio que compõem a chaminé, pois a alta

absortância destas superfícies favoreceu o efeito chaminé e conseqüentemente houve um incremento da ventilação natural no interior deste espaço.

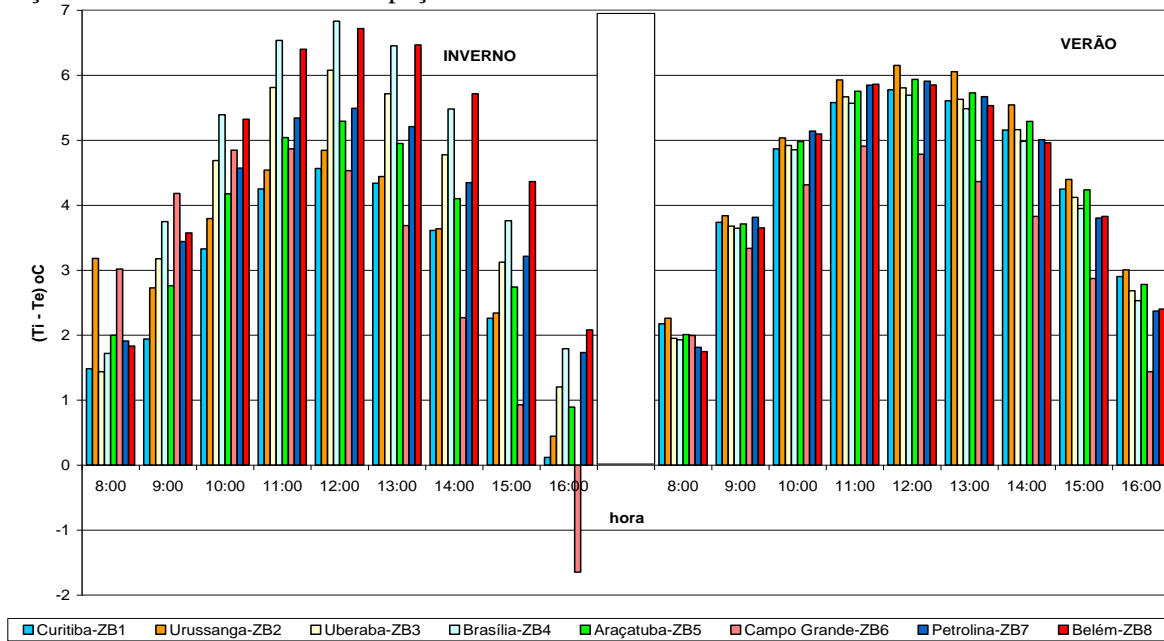


Figura 9 – Gráfico da diferença de temperatura entre o ar no interior da chaminé solar e o ar no exterior ($T_i - T_e$).

Na cidade de Campo Grande, a temperatura do ar no interior da chaminé para as 16 horas no inverno apresenta valor inferior à temperatura do ar no exterior, indicando que a ventilação natural que ocorre neste momento é influenciada apenas pelo efeito chaminé e não pelo incremento proporcionado a partir da utilização deste dispositivo, pois não há ação do efeito estufa.

Neste momento ocorre uma inversão do sentido do fluxo de ar e a chaminé solar passa a comportar-se não mais como abertura de saída, mas como um captador de vento, em que o vento entra pela abertura superior e sai pela abertura inferior da edificação.

Observa-se então que o aumento da ventilação natural depende da diferença da temperatura entre o ar no interior da chaminé e a TBS externa (Δt) e não apenas do aumento da temperatura, pois embora no verão a temperatura do ar interno em algumas cidades, como é o caso de Uberaba, aproxime-se de 33°C, este Δt foi menor que no inverno. Estes valores evidenciaram a eficiência do dispositivo arquitetônico estudado em relação ao fenômeno da ventilação natural, conforme pode-se observar na figura 10 onde é apresentado a distribuição da vazão volumétrica do ar (m^3/s).

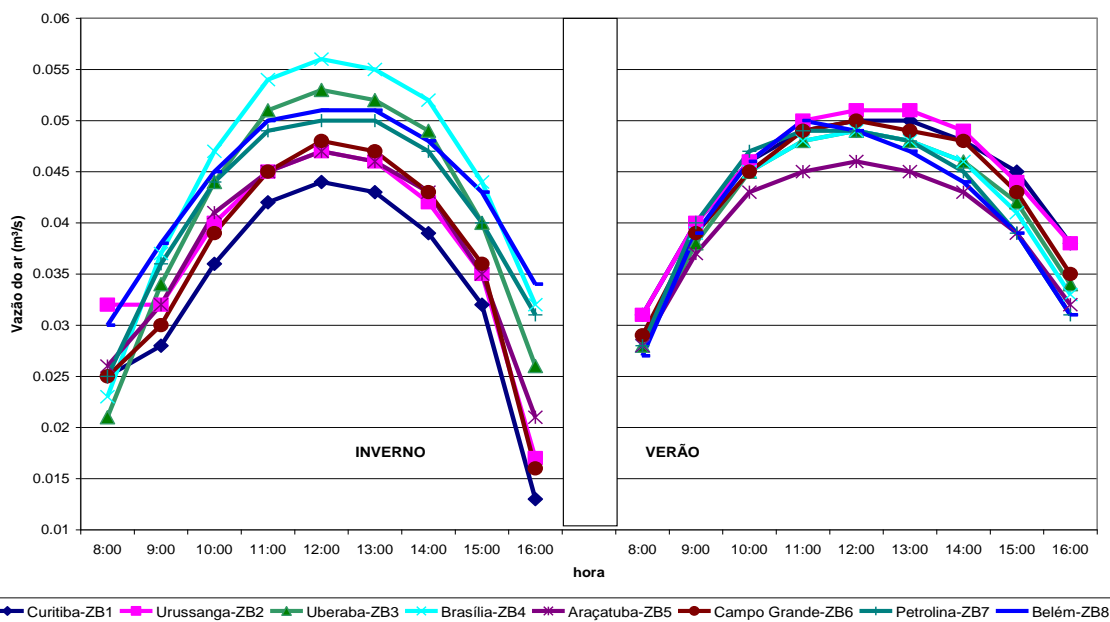


Figura 10– Gráfico do comportamento da vazão do ar (m^3/s) para os modelos com chaminé solar nas oito cidades simuladas.

A chaminé solar comporta-se de modo a incrementar a ventilação natural durante o dia, em decorrência da incidência de radiação solar neste dispositivo, mesmo no período de inverno, devido às trocas térmicas entre as placas de alumínio e o ar, na medida em que estas placas recebem calor por radiação solar. Ocorre então o aumento da ventilação natural no interior destes espaços, para mais de $0,045\text{m}^3/\text{s}$ de ar no período de inverno, com exceção da cidade de Curitiba, onde neste período a ventilação natural é uma estratégia indesejável de projeto, mas ainda assim ocorre incremento desta estratégia de projeto. No verão, a vazão do ar pode ultrapassar $0,045\text{m}^3/\text{s}$ de ar para todas as cidades simuladas. Estes valores geram um incremento de aproximadamente 35% na taxa de ventilação no inverno e 39% no verão, em relação à ventilação noturna, se considerado apenas o efeito chaminé, com velocidade do vento próxima a zero no ambiente externo.

Quanto à velocidade do ar (m/s) para este ambiente padrão, as simulações apresentaram valores acima do mínimo solicitado para a ventilação natural ($0,15\text{m/s}$) mesmo no período de inverno, promovendo um aumento significativo da ventilação natural ao longo do dia no interior dos espaços que possuem chaminé solar.

A figura 11 apresenta a distribuição da velocidade do ar para cada uma das cidades simuladas no inverno e verão, em m/s.

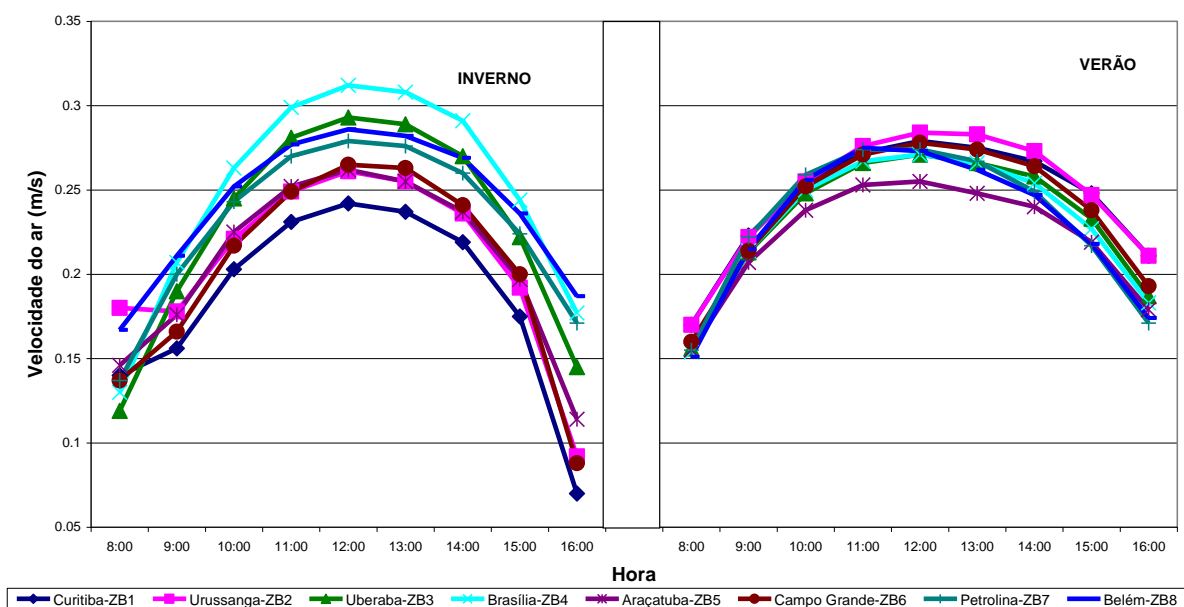


Figura 11 – Gráfico do comportamento da velocidade do ar (m/s) para os modelos com chaminé solar para as 8 cidades simuladas.

Observa-se então, um incremento significativo na ventilação natural diurna decorrente da implantação deste dispositivo, que promove um efeito estufa no interior da chaminé tornando o ar menos denso e mais aquecido que o ar exterior, favorecendo a ventilação pelo efeito chaminé.

Este incremento na ventilação natural é observado mesmo nos meses em que não há solicitação de ventilação natural, como é o caso dos meses de inverno. Para as cidades de Curitiba e Urussanga, localizadas nas zonas bioclimáticas 1 e 2, em alguns meses do ano a baixa temperatura solicita aquecimento, dispensando a ventilação natural e solicitando um mecanismo de abertura e fechamento da chaminé solar, de modo que o usuário tenha controle sobre o funcionamento deste dispositivo e utilize-o predominantemente no verão, enquanto no inverno aproprie-se de outras estratégias para obtenção de conforto.

Observa-se também para estes casos que no período de verão, quando há solicitação de ventilação natural, embora o fluxo de ar tenha sofrido um incremento mais significativo, o que torna este dispositivo aplicável para as edificações situadas nas zonas bioclimáticas 1 e 2, há pouca solicitação de ventilação natural, o que exige cautela no uso deste elemento arquitetônico.

Para a cidade de Uberaba, o uso de chaminés solares pode induzir a ventilação natural no interior dos espaços, visto que esta é uma das principais estratégias bioclimáticas para obtenção de conforto térmico para o verão nesta cidade.

Verifica-se que nas cidades de Brasília e Araçatuba, as chaminés solares promovem um incremento da ventilação natural no interior dos espaços de forma significativa, embora ocorra pouca solicitação de

ventilação natural, em apenas 4,7% e 6,3% das horas durante o ano respectivamente conforme as recomendações da Carta Bioclimática de Givoni.

Para a cidade de Campo Grande, onde a solicitação de ventilação natural ocorre principalmente nos meses entre outubro e maio (estação quente), este dispositivo apresentou resultados favoráveis para o incremento da ventilação diurna nos espaços internos.

Na cidade de Petrolina, as chaminés solares incrementam a ventilação natural no interior dos espaços de forma significativa, mesmo ocorrendo pouca solicitação de ventilação natural, e necessitando de outras estratégias para resfriamento.

Deve-se ter cautela ao utilizar este dispositivo para a cidade de Petrolina devido seu clima seco, porém uma possibilidade é associar os efeitos da ventilação natural ao resfriamento evaporativo, que é uma das principais recomendações para esta cidade.

Para a cidade de Belém, o uso de chaminés solares proporcionou um aumento significativo na ventilação natural nos espaços internos e, tendo em vista que esta é a principal estratégia bioclimática para esta cidade e para toda a Zona Bioclimática 8, este dispositivo arquitetônico apresenta grande potencial de utilização durante todo o ano.

Diante disto, pode-se extrapolar as análises para cada zona bioclimática a respeito das diretrizes para utilização deste dispositivo arquitetônico como estratégia de projeto de modo a incrementar o repertório dos Profissionais de Projeto, conforme apresentado na figura 12.

Recomendações para utilização de Chaminés Solares no Brasil	
Zona Bioclimática 1	Utilização controlada, com pouca necessidade de ventilação natural
Zona Bioclimática 2	Utilização controlada, com pouca necessidade de ventilação natural
Zona Bioclimática 3	Utilização no verão
Zona Bioclimática 4	Utilização moderada no verão
Zona Bioclimática 5	Utilização moderada no verão
Zona Bioclimática 6	Utilização no verão
Zona Bioclimática 7	Utilização moderada, associada ao resfriamento evaporativo
Zona Bioclimática 8	Utilização ao longo de todo o ano

Figura 12 – Diretrizes para utilização de chaminés solares em edificações localizadas no Brasil

Este dispositivo pode ser melhor aproveitado se utilizado nos meses quentes, em que há solicitação de ventilação natural a partir da análise a Carta Bioclimática de Givoni, havendo a necessidade de um dispositivo de fechamento para este controle na maioria das cidades analisadas, com exceção da cidade de Belém.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho analisou a influencia do uso de chaminés solares no incremento da ventilação natural para espaços internos em oito cidades brasileiras, localizadas em zonas bioclimáticas diferentes e para todos os casos, este dispositivo apresentou resultado satisfatório. Porém, observou-se a necessidade de incluir um sistema de fechamento que permita ao usuário controlar a ventilação. Esta necessidade acontece em todas as regiões brasileiras, exceto na zona bioclimática 08 (Cidade de Belém-PA), onde há solicitação de ventilação natural durante todo o ano.

A utilização de simulações computacionais mostrou-se uma ferramenta satisfatória e possibilitou a realização das avaliações desejadas. O software utilizado, além de fornecer dados confiáveis, é capaz de simular as edificações analisadas neste trabalho para os dias de projeto de inverno e verão em um período de tempo reduzido, cada modelo sendo simulado em aproximadamente 3 segundos.

A inserção destas chaminés em uma edificação modifica a distribuição dos campos de pressão, influenciando positivamente no deslocamento do fluxo de ar mesmo no inverno, quando a ventilação natural não é desejada em algumas cidades analisadas. A alta absortância das paredes da chaminé promoveu o aquecimento do ar de modo que ocorreu um incremento significativo da ventilação diurna, a partir da utilização deste dispositivo.

Para as cidades de Curitiba e Urussanga o uso de chaminés solares deve ser melhor estudado, de modo a não provocar desconforto por frio, principalmente nos meses de inverno, visto que estas localidades

possuem clima com períodos de frio e o aumento da ventilação natural pode promover as perdas de calor por convecção da edificação para o ambiente externo.

No caso das cidades de Brasília e Araçatuba, este dispositivo apresentou bom desempenho, porém há necessidade dos mesmos cuidados mencionados anteriormente, pois, ainda que estas duas cidades estejam expostas a uma alta radiação solar, possuem grande amplitude térmica e períodos de frio durante a noite e no inverno. A cidade de Petrolina também possui alta amplitude térmica e pouca solicitação de ventilação natural, pois se trata de um clima seco, porém esta estratégia pode ser utilizada associando o resfriamento evaporativo aos efeitos produzidos pelo uso de chaminé solar, já que é uma das principais estratégias bioclimáticas para esta cidade, assim como foi utilizado nos estudos realizados por Maerefat e Haghghi (2010).

As cidades de Uberaba e Campo Grande têm a ventilação natural como principal recomendação para obtenção de conforto no verão, porém necessitam de aquecimento no inverno, o que possibilita o uso deste dispositivo apenas na estação quente.

Já para a cidade de Belém, o uso de chaminé solar em edificações pode ser uma estratégia de projeto durante todo o ano, por se tratar de uma cidade com clima quente e úmido onde a ventilação natural é a principal estratégia de projeto para obtenção de conforto térmico dos usuários.

Para chaminés com inclinação otimizada, a velocidade do ar interior é máxima ao meio dia, momento em que a radiação solar incidente no coletor também é máxima, aumentando assim o efeito estufa no interior da chaminé e a diferença entre a temperatura do ar no interior da chaminé e a TBS externa.

A partir destas observações, pretende-se aprimorar a consciência que a arquitetura local deve ser conduzida de maneira que os profissionais incorporem uma linguagem diferente e de características próprias, criando uma tipologia regional, dando uma identidade à arquitetura que vêm sendo importada ou mal copiada, perdendo de vista o mais importante: o conforto dos usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- BOUCHAIR. **Solar Chimney for Promoting Cooling Ventilation in Southern Algeria**, *Building Services Engineering Research and Technology*, Vol.15, pp.81-93. 1994
- CARAM, Rosana M; SICHIERI, Eduvaldo P; LABAKI, Lucila C. **Indicativos para emprego apropriado de vidros planos na construção civil, segundo critérios espectrofotométricos**. In: Anais do III Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Gramado, RS, 1995.
- CAVALCANTI, Fernando A M S, **Chaminé solar como alternativa para incrementar a ventilação natural em espaços internos**. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Construção Civil) UFSCar, São Carlos, 2010.
- CHEN, Z.D.; BANDOPADHAYHAY, P.; HALDORSSON, J.; BYRJALSEN, C.; HEISELBERG, P.; LI, Y.. **An experimental investigation of a solar chimney model with uniform wall heat flux**. In: *Building and Environment* 38, 2003
- FERREIRA, André G. MAIA, Cristiana B. CORTEZ, Márcio F B. VALLE, Ramón M. **Technical feasibility assessment of a solar chimney for food drying**. *Solar Energy*, v.82, pp 198-205, 2008.
- LI, Angui; JONES, Phillip; ZHAO, Pingge; WANG, Liping. **Heat Transfer and Natural Ventilation Airflow Rates from Single-sided Heated Solar Chimney for Buildings**. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. November. pp. 233-238. 2004.
- MAEREFAT, M; HAGHIGHI, A. P. **Natural cooling of stand-alone houses using solar chimney and evaporative cooling cavity**. *Renewable Energy*. V.35, 2010.
- MAIA, Cristiana B. FERREIRA, André G . VALLE, Ramón M.CORTEZ, Márcio F B. **Theoretical evaluation of the influence of geometric parameters and materials on the behavior of the airflow in a solar chimney**. *Computers & Fluids*. V.38, pp 625-636, 2009.
- MARTINS, R.R.; FRANCO, J.B.R.; OLIVEIRA, P.A.V.; FRANZONI, C.D.P. **Secador de grãos com uso de energia solar**. *Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*. Porto Alegre, Ano III - Nº1, Jan/Mar, 2002.
- MAZON, A. A. O, SILVA, R. G. O, SOUZA, H. A, **Ventilação natural em galpões: o uso de lanternins nas coberturas** In: REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 59(2): 179-184, abr. jun. 2006.
- MORAES-DUZAT, R.; BARBOSA, A.P.; VETTER, R. **O secador solar do INPA – uma alternativa econômica para secar madeira**. Anais 3o Encontro Energia Meio Rural. Campinas., 2000.
- NUGROHO, A.M and HAMDAN, M. **"Evaluation of Parametrics for the Development of Vertical Solar Chimney Ventilation in Hot and Humid Climate"**. The 2nd International Network For Tropical Architecture Conference, at Christian Wacana University, Jogjakarta. 2006.
- ONG, K.S., CHOW, C.C., **Performance of a Solar Chimney**, *Solar Energy* 74 1–17, 2003
- SANTOS, Z. T. S.. **Secadores Solares de Exposição Direta e Convectivo para Frutas Tropicais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), UFRN. Natal, Abril, 1997.
- SOUZA, L.G.M.; MENDES, J.U.L.; LIMA NETO, H.J.; SANTOS, N.R.G.; MELO, A.V.; SANTOS, R.D. **Obtenção de tomate seco utilizando um sistema de secagem solar construído com materiais alternativos**. 8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica. Cusco, 23 a 25 de Outubro de 2007. pp. 927-935. 2007.
- SZOKOLAY, Steven V. **Introduction to architectural science**. London: Elsevier, 2004.