

DESEMPENHO TÉRMICO DE AMBIENTES COM PAREDE TROMBE ACUMULADORA NO CLIMA DA SERRA GAÚCHA

Clarissa Sartori Ziebell (1); José Luís Farinatti Aymone (2)

(1) Mestre, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Design, clarissa.ziebell@ufrgs.br

(2) Doutor, Professor do Departamento do Programa de Pós-Graduação em Design, aymone@ufrgs.br
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Design e Expressão Gráfica, Porto Alegre–RS, 90035-190, Tel.: (51) 3308 4260

RESUMO

O objetivo deste artigo é analisar o desempenho térmico de uma parede Trombe acumuladora através de um modelo de simulação inserido em Bento Gonçalves, cidade da Serra Gaúcha. O desempenho térmico é mensurado através da energia consumida para a climatização do ar. Sendo assim, quanto menor o consumo de energia, melhor é o desempenho térmico. O método se divide em três etapas. A primeira etapa consiste na definição do modelo de referência, sem a inserção da parede Trombe. Em seguida, na segunda etapa, são definidos os dados de entrada dos modelos de simulação. Por fim, na terceira etapa, é realizada a definição dos parâmetros a serem variados nos modelos com a parede Trombe. Como resultado, foi constatado que o sistema de parede Trombe de armazenamento é uma alternativa adequada para o inverno da Serra Gaúcha. Contudo, para evitar o sobreaquecimento no verão, estudos futuros sobre a adoção de aberturas, tanto no vidro, quanto na parede de armazenamento são importantes. A substituição do vidro simples pelo vidro duplo, e o uso da cortina nas noites de inverno, não representaram diferenças significativas no consumo de energia. O uso do sombreamento, nas condições deste estudo, não contribuiu para a redução do consumo de energia anual quando comparada com o módulo com a parede Trombe sem o sombreamento. Contudo, quando apenas o período de resfriamento é considerado, o sombreamento mostrou-se capaz de minimizar os ganhos térmicos.

Palavras-chave: parede Trombe, simulação computacional, desempenho térmico.

ABSTRACT

The aim of this paper is to analyze the thermal performance from an accumulating Trombe wall through a simulation model inserted in Bento Gonçalves, city from ‘Serra Gaúcha’ (region at the Northwest of Rio Grande do Sul state, in Brazil). The thermal performance is measured through the energy consumption for the air conditioning. Therefore, the lower the energy consumption, the better the thermal performance. The method is divided in three steps. The first one consists in the data definition for the reference model simulation. Then, in the second step, the input data from the simulation model are defined. Finally, in the third step, it is realized the definition of the parameters to be varied in the models with the Trombe wall. As a result, it was verified that the system of a Trombe wall for storage is an adequate alternative for the winter of ‘Serra Gaúcha’. However, to avoid the overheating during the summer, future studies about the adoption of openings, both in the glass and in the wall, are important. The use of shading, in the conditions of this study, did not contribute with the reduction of the annual energy consumption, when compared to the prototype with the Trombe wall and without the shading device. However, when only the cooling period is considered, the shading proved to be capable of minimizing the thermal loads.

Keywords: Trombe wall, computer simulation, thermal performance.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos muito tem se falado sobre a economia de energia em edificações. Sabe-se que uma grande parcela da energia consumida em edificações residenciais vem do condicionamento artificial do ar (20% do consumo por uso final em residências). Por essa razão, tem-se estudado alternativas passivas de aquecimento e resfriamento do ar. Uma dessas alternativas é a parede Trombe, também conhecida como parede de acumulação, que permite o ganho indireto de calor (LAMBERTS et al., 2014).

A parede Trombe é composta por uma camada de material de alta inércia térmica e um vidro, posicionado em frente à primeira camada. O vidro tem a função de evitar a perda de calor por convecção e por radiação para o exterior. As paredes Trombes devem ser voltadas para a orientação de maior insolação solar (LAMBERTS et al., 2014). No caso do hemisfério Sul, esta orientação é a Norte.

Diversas são as configurações que uma parede Trombe pode assumir. Segundo Mendonça (2005), a parede Trombe pode assumir as seguintes formas (Figura 1):

- Parede acumuladora (Parede Trombe não ventilada), que consiste em uma parede de armazenamento térmico, sem aberturas de termo circulação;
- Parede dinâmica, onde é combinado um sistema de ventilação com o efeito estufa. As aberturas são fechadas durante as noites de inverno ou em dias encobertos e sem ganhos térmicos;
- Parede Trombe, onde as paredes acumuladoras funcionam através de um sistema que combina efeitos da radiação e da convecção, com inserção de aberturas na parte inferior e superior;
- Parede de água, onde a água é o elemento de armazenamento térmico.

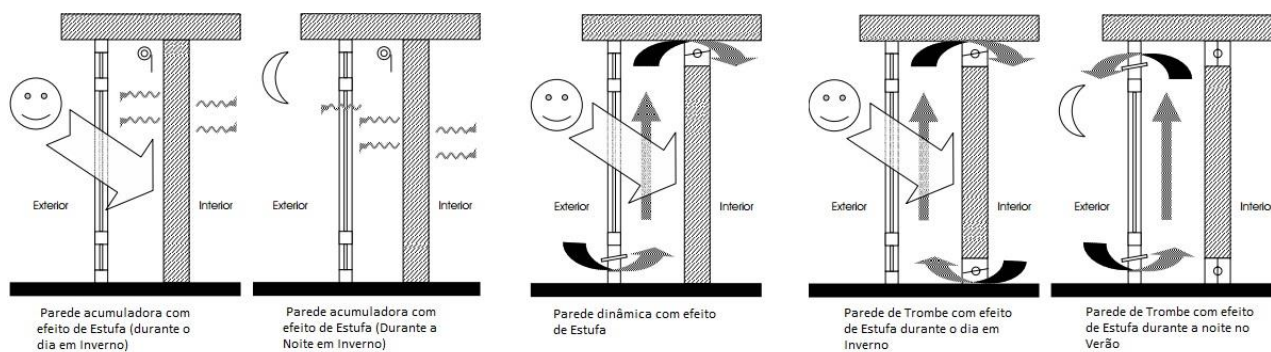


Figura 1: Diferentes configurações da Parede Trombe (adaptação de MENDONÇA, 2005, páginas 13 a 16).

Outras configurações também podem ser encontradas tais como, parede em formato de zigue-zague, uso de materiais de troca de fase para aumentar a eficiência, e parede Trombe fotovoltaica, onde são colocados painéis fotovoltaicos em frente ao vidro (SAADATIAN et al., 2012)

Chen et al. (2006) analisaram o desempenho térmico de uma parede Trombe com a inserção de uma cortina com baixa emissividade na cavidade interna durante o período noturno de inverno na cidade Dalian, localizada na China (Figura 2). O autor chegou à conclusão de que o uso do sombreamento pode minimizar a perda de calor no canal entre 20% a 40% durante as noites de inverno, além de aumentar a temperatura superficial externa da Parede Trombe.

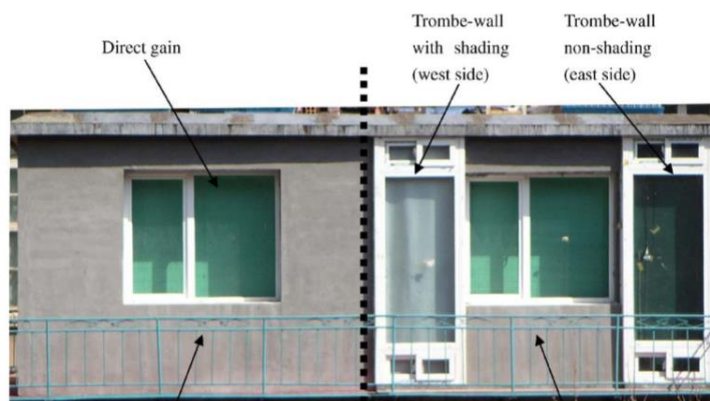


Figura 2 - Vista da face sul do protótipo com a parede Trombe (à direita) e do protótipo de referência (à esquerda) (CHIEN et al., 2006, pág. 1963).

As configurações de Saadatian et al. (2012), somadas com o estudo de Chen et al. (2006) demonstram a grande variedade de configurações que uma parede Trombe pode assumir. Por essa razão é importante o estudo da melhor alternativa para o clima em questão. No Brasil, por exemplo, estudos como os de Suzuki (2012), Cavalcanti (2013) e Bianco (2016) demonstram que o uso da Parede Trombe ventilada pode incrementar o conforto térmico dos ambientes, especialmente nas regiões Sul e Sudeste do país.

Neste trabalho, é estudada a parede Trombe acumuladora para o clima da Serra Gaúcha. A escolha da parede Trombe acumuladora se deve às temperaturas mais baixas encontradas nesta região durante as estações de outono e inverno. Sabe-se que para o verão seria necessária a inserção de algum sistema de ventilação natural para a remoção do calor ganho pela parede. Contudo, a ventilação natural não foi incorporada neste trabalho, já que o foco é a análise do desempenho apenas da parede acumuladora. Como não foi inserida a ventilação natural, o desempenho térmico é mensurado através na energia consumida para a climatização do ar.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é estudar o desempenho térmico de uma parede Trombe acumuladora através de um modelo de simulação inserido em Bento Gonçalves, cidade da Serra Gaúcha. O desempenho térmico é mensurado através na energia consumida para a climatização do ar. Sendo assim, quanto menor o consumo de energia, melhor é o desempenho térmico.

3. MÉTODO

O método deste trabalho se divide em três etapas. A primeira etapa consiste na definição do modelo de referência, sem a inserção da parede Trombe. Em seguida, na segunda etapa, são definidos os dados de entrada dos modelos de simulação. Por fim, na terceira e última etapa, é realizada a definição dos parâmetros a serem variados nos modelos com a parede Trombe.

3.1. Definição do modelo de referência

A cidade selecionada foi Bento Gonçalves. A escolha da cidade se deve à fácil disponibilidade tanto do arquivo climático quanto dos dias de projeto (LABEEE, 2017), que são essenciais para a simulação. A fim de verificar o desempenho térmico de uma parede Trombe foi modelado um ambiente de 5 m x 5 m x 2,9 m com uma abertura voltada para o Sul da edificação. A parede Trombe, quando inserida nos modelos, estará orientada para a fachada Norte. Na Figura 3 é mostrado o modelo de referência com vista para a fachada Norte, enquanto que na Figura 4 apresenta-se o modelo com vista para a fachada Sul (b).

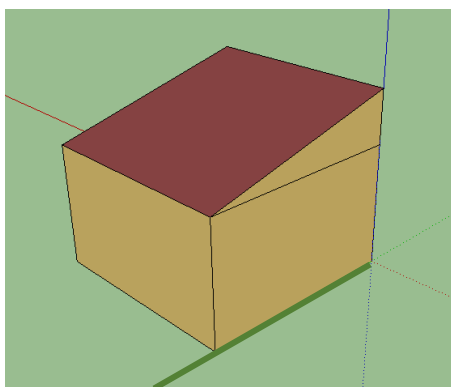


Figura 3 - Vista para a fachada Norte do modelo de referência. A linha verde indica a direção do Norte.

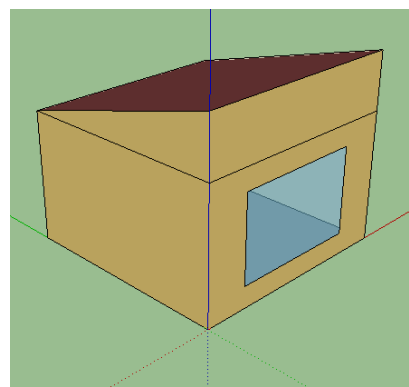


Figura 4 - Vista para a fachada Sul do modelo de referência. A janela sul possui vidros duplos.

3.1.1. Clima de Bento Gonçalves

Bento Gonçalves (latitude -29,27; longitude -51,52) localiza-se no Estado do Rio Grande do Sul a 121 km de Porto Alegre (Figura 5). Segundo o Município de Bento Gonçalves (2017), o clima da cidade é o subtropical de altitude. Os meses com temperaturas mais baixas são os meses de junho e julho, enquanto que os meses com temperaturas mais elevadas são janeiro e fevereiro. A elevada altitude da cidade (640 m), contribui para as baixas temperaturas do inverno. O gráfico apresentado na Figura 6 mostra a variação da temperatura média ao longo de um ano.



Figura 5 - Localização do município de Bento Gonçalves (Google Maps).

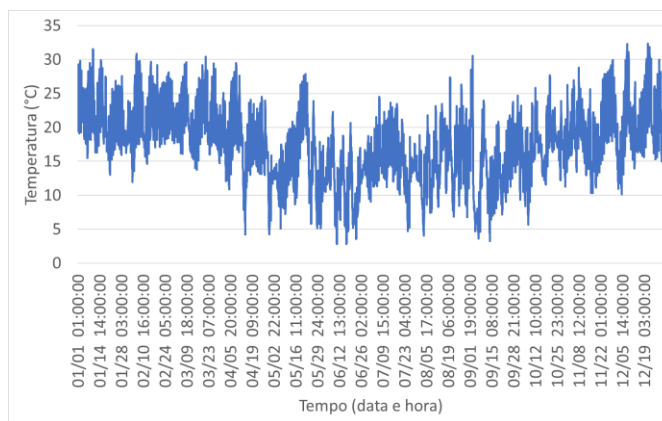


Figura 6 – Variação da temperatura ao longo de um ano.

3.1.2. Software utilizado

O *software* selecionado para as simulações computacionais foi o *EnergyPlus*, disponibilizado pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (ENERGYPLUS, 2017). A escolha deste *software* se deve à sua confiabilidade. O *software* permite simular um edifício através da entrada de dados com relação a geometria, materiais e diversos sistemas que o compõe, tais como ar-condicionado e iluminação. Dessa forma, diversos parâmetros do modelo podem ser facilmente alterados.

Além disso, o algoritmo utilizado pelo *EnergyPlus* para modelar a convecção do ar dentro da zona de uma parede Trombe foi validado, através de um trabalho experimental, por Elis (2003). Para utilizar tal algoritmo, o mesmo deve ser inserido no grupo “Zone” dentro do *software EnergyPlus* (Figura 7).

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		Sala trombe	Zona trombe	Cob trombe
Direction of Relative North	deg	0	0	0
X Origin	m	10	10	0
Y Origin	m	15	14.9	0
Z Origin	m	0	0	0
Type		1	1	
Multiplier		1	1	1
Ceiling Height	m	autocalculate	autocalculate	autocalculate
Volume	m3	autocalculate	autocalculate	autocalculate
Floor Area	m2		autocalculate	
Zone Inside Convection Algorithm			TrombeWall	
Zone Outside Convection Algorithm				
Part of Total Floor Area				

Figura 7 - Inserção do algoritmo para a parede Trombe.

3.2. Definição de um modelo computacional

Conforme definido no item 3.1, o modelo consiste em um ambiente de 5 m x 5 m x 2,90 m. As paredes são de tijolo maciço (10 cm x 6 cm x 20 cm) assentados na maior dimensão, rebocadas em ambos os lados e pintadas da cor branca. O piso é composto por uma laje de concreto de 10 cm assentada sobre uma camada de solo de 40 cm. A cobertura consiste em uma laje de concreto e telhas de fibrocimento. A parede Trombe é formada por uma camada dupla de tijolos de espessura de 20 cm, ligadas por 1 cm de argamassa. Ambas as faces são rebocadas com 2 cm de argamassa. A face interna é pintada na cor branca e a face externa na cor preta. O detalhamento dos materiais é mostrado na Tabela 1. Os dados de condutividade térmica, densidade e calor específico foram obtidos em Morishita et al. (2011). A única exceção foram os dados do solo, que foram estimados conforme dados do tijolo maciço. A Tabela 2 apresenta a composição de cada uma das superfícies do modelo.

Tabela 1– Características dos materiais utilizados na simulação computacional.

Material	Condutividade térmica [W/m.K]	Densidade [kg/m ³]	Calor específico [J/kg.K]	Absortância
Tijolo cerâmico maciço	0,90	1600	920	Não definida
Argamassa	1,15	2000	1000	0,30
Argamassa reboco parede Trombe	1,15	2000	1000	0,97
Telha de fibrocimento	0,95	1900	840	0,7
Laje de concreto	1,75	2200	100	Não definida
Contrapiso de concreto	1,75	2200	100	Não definida
Solo	0,90	1600	920	Não definida

Tabela 2 - Composição das superfícies da parede Trombe com a espessura de cada material.

Paredes	Parede Trombe	Telhado	Forro	Piso	Janela com vidro simples	Janela com vidro duplo
Argamassa 2 mm	Argamassa 2 mm	Telha de fibrocimento 6 mm	Laje de Concreto 10 mm	Contrapiso de Concreto 10 mm	Vidro claro 3 mm	Vidro claro 3 mm
Tijolo cerâmico maciço 200mm	Tijolo cerâmico maciço 200mm			Solo 400 mm		Ar 13 mm
Argamassa 2 mm	Argamassa 1 mm					Vidro claro 3 mm
	Tijolo cerâmico maciço 200mm					
	Argamassa reboco parede Trombe 2 mm					

O modelo de simulação é formado por três zonas térmicas. A Zona 1 corresponde ao ambiente interno. A região correspondente à parede Trombe é formada por uma segunda zona (Figura 8). Nela foi definida uma esquadria que possui uma área muito próxima à área da parede. Essa esquadria foi simulada com vidro claro, simples e duplo. Por fim, a terceira zona do modelo corresponde ao telhado.

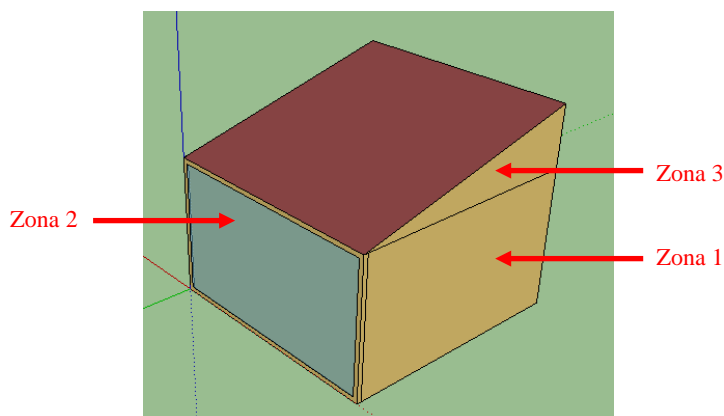


Figura 8 – Modelo de simulação elaborado no *Google SketchUp*.

Conforme mencionado anteriormente, o arquivo climático (com dados de 2008) e os dias de projeto utilizados nas simulações foi obtido de LabEEE (2017). Entre os diversos dados presentes no arquivo climático, encontram-se os dados de temperatura do solo. Tais dados referem-se à temperatura do solo à 50 cm, 2 m e 4 m abaixo da superfície. As temperaturas utilizadas neste trabalho referem-se às temperaturas à 50 cm da superfície do solo, conforme Tabela 3. A adoção das temperaturas do solo à 50 cm de profundidade explica o porquê da adoção da espessura do solo de 40 cm, apresentada na Tabela 2 (a soma da espessura do solo com espessura da laje, resulta em 50 cm).

Tabela 3 - Temperaturas do solo adotadas.

Fonte: Arquivo climático de Bento Gonçalves disponível em LabEEE (2017)

Mês	Temperatura
Janeiro	17,59
Fevereiro	19,73
Março	21,06
Abril	21,49
Mai	20,79
Junho	19,07
Julho	16,90
Agosto	14,75
Setembro	13,27
Outubro	12,88
Novembro	13,65
Dezembro	15,34

As simulações foram realizadas para o ano inteiro, de forma a avaliar tanto o período de inverno e outono quanto o período de verão e primavera. Como não está sendo considerada a ventilação natural, o desempenho térmico é avaliado através do consumo de energia com a climatização artificial. Para tanto, foi inserido um ar-condicionado do tipo *split*, que está ativado durante todo o período da simulação. Conforme a recomendação de ABNT (2008), a temperatura operativa no interior da zona durante o verão deve ficar entre 22,5°C e 25,5°C para uma umidade relativa de 65%, e entre 23°C e 26°C para uma umidade relativa de 35%. Já no inverno, a temperatura operativa deve ficar entre 21°C e 23,5°C para uma umidade relativa de 60%, e entre 21,5° e 24°C para uma umidade relativa de 30%. Sendo assim, os *setpoints* do ar-condicionado foram definidos entre 25,5°C (limite máximo da temperatura de verão) e 21°C (limite mínimo para a temperatura de inverno).

Sabe-se que quando a temperatura exterior é muito baixa e a umidade é alta, ocorre formação de gelo na unidade externa do split. Nesse momento a função auto-degelo é ativada e o aparelho não aquece o ambiente durante um período de 8 a 10 minutos (GREE, 2017). Portanto, o uso de calefação seria mais adequado para região da Serra Gaúcha. Neste trabalho, contudo, o uso do *split* foi adotado apenas para fins de simplificação do modelo, já que ele permite o condicionamento do ar tanto nos períodos quentes quanto nos períodos frios.

3.3. Definição dos parâmetros e dados de saída

Além da influência da parede Trombe no desempenho térmico do modelo, também é avaliada a influência do uso de vidros duplos na esquadria da parede Trombe e o uso de sombreamento externo e interno.

3.3.1. Vidros duplos

O uso de vidros duplos possui a capacidade de incrementar o armazenamento do calor que os atravessa. Sendo assim, além do vidro simples, também é simulado o uso de vidros duplos. Dessa forma, foi estabelecido que o vidro duplo é composto por dois vidros claros e uma câmara de ar com espessura de 0,013 metros.

3.3.2. Sombreamento

Para definir a dimensão do sombreamento, foi utilizada a carta solar gerada através do *software Analysis Bio* (Figura 9). Conforme visto na Figura 6, durante todo o ano ocorrem temperaturas médias abaixo de 20°C. Para evitar as perdas excessivas de calor, o sombreamento foi definido apenas nos três meses de maiores temperaturas (entre dezembro e fevereiro) e entre 10h e 14h. Testes com sombreamentos maiores do que este definido demonstraram que a eficácia é reduzida. O desenho do sombreamento é definido na Figura 10.

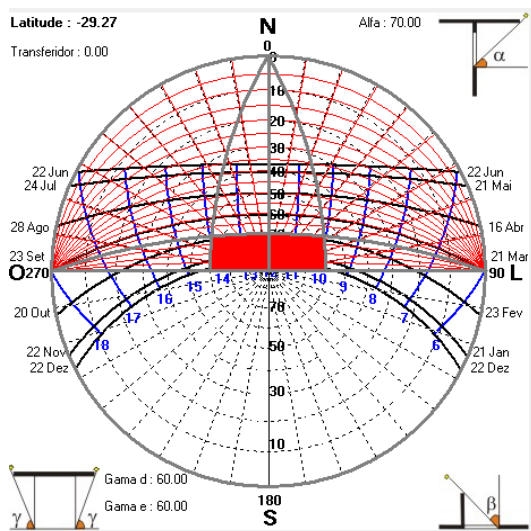


Figura 9 – Carta solar gerada no *software Analysis Bio* com máscara de sombra no período coberto pelo elemento de sombreamento definido.

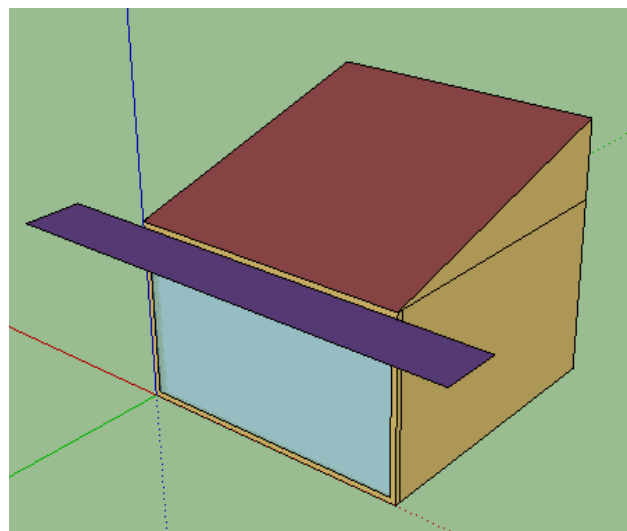


Figura 10 – Definição do elemento de sombreamento no *EnergyPlus*.

3.3.3. Sombreamento interno

Conforme mencionado na introdução, Chen et al. (2006) verificaram que a inserção de uma cortina no interior da câmara de ar durante as noites de inverno na China pode manter o calor no interior da câmara, evitando as perdas. Sendo assim, foi estabelecido no modelo um sombreamento que é ativado apenas durante as noites (entre 19h e 6h do dia seguinte) de outono e inverno. O sombreamento interno é inserido no *EnergyPlus* por meio do objeto “*WindowProperty: Shading Control*”. O sombreamento inserido pode reduzir os ganhos solares, reduzir as perdas de calor e controlar o ofuscamento (ENERGY PLUS, 2015). Como neste trabalho o sombreamento interno só é ativado à noite, ele só exercerá a função de reduzir as perdas de calor. O sombreamento inserido é uma cortina de tecido cujas propriedades térmicas, com exceção da permeabilidade, foram obtidas em Wallauer (2003) (Tabela 4).

Tabela 4 - Propriedades térmicas da cortina.

Características	Valores
Transmitância solar	0,4
Refletância solar	0,5
Transmitância visível	0,4
Refletância visível	0,5
Emissividade hemisférica térmica	0,9
Transmitância normal térmica	0,0
Condutividade (W/mK)	0,1
Permeabilidade	0,0
Espessura (m)	0,002

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa. Para fins de simplificação dos dados apresentados nos gráficos, o módulo sem parede Trombe é nomeado nas figuras por “SPT”, enquanto que os módulos com a parede Trombe são chamados de “CPT”.

4.1. Aplicação da Parede Trombe

Os resultados comparativos do consumo energético dos módulos para resfriamento e aquecimento são apresentados na Figura 11 e na Figura 12, respectivamente. Conforme o esperado, a inserção da parede Trombe aumentou o consumo de energia para resfriamento, visto que nela não foi contemplada nenhuma forma de ventilação natural para remoção do calor. No caso da energia para aquecimento, esta sofreu uma redução de 28,2% para o caso do vidro duplo e 24,9% para o caso do vidro simples. Essa pequena redução do consumo com o vidro duplo também pode ser observada na Figura 11. Quando é avaliado o ano todo, o uso do sistema de parede Trombe com vidro duplo permitiu a redução de 18,5% de energia para o condicionamento do ar, enquanto que o sistema com o vidro simples reduziu o consumo em 16,5%.

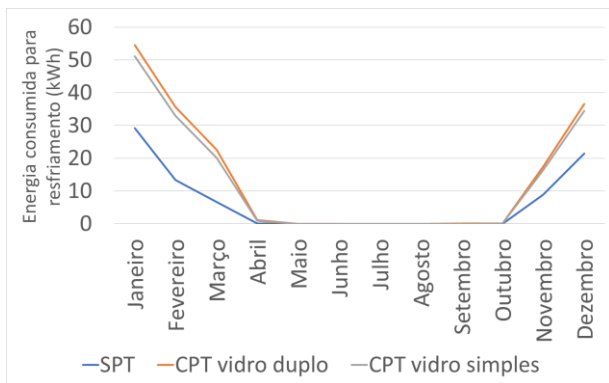


Figura 11 – Energia consumida para resfriamento (kWh) x tempo (meses). Comparação entre o modelo sem a parede Trombe e dois modelos com a parede Trombe.

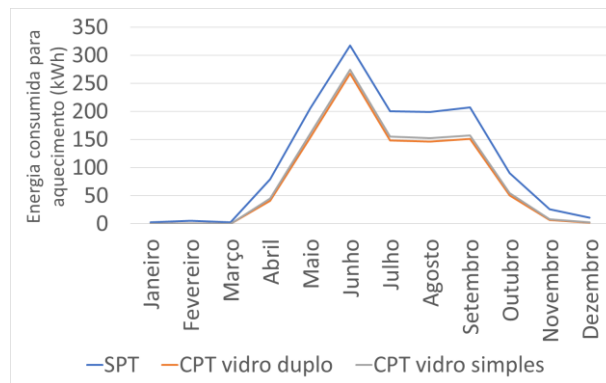


Figura 12 – Energia consumida para aquecimento (kWh) x tempo (meses). Comparação entre o modelo sem a parede Trombe e dois modelos com a parede Trombe.

4.2. Sombreamento externo

A Figura 13 mostra o resultado do consumo com o resfriamento do ar quando foi inserido o sombreamento, assim como a Figura 14 mostra o resultado para o consumo para aquecimento dentro das mesmas condições. Novamente há um aumento significativo do consumo com resfriamento. Em contrapartida, o consumo para aquecimento sofreu uma redução de 21,9% no caso do vidro duplo e 19,3% no caso do vidro simples. Observa-se na Figura 14 que o uso do vidro duplo não contribuiu significativamente para a redução do consumo de energia, quando comparado com o resultado do modelo com o vidro simples. Quando é considerado o ano todo, o uso do sistema com vidro duplo permitiu a redução de 15,7% de energia para o condicionamento do ar, enquanto que o sistema com o vidro simples reduziu o consumo em 14,0%.

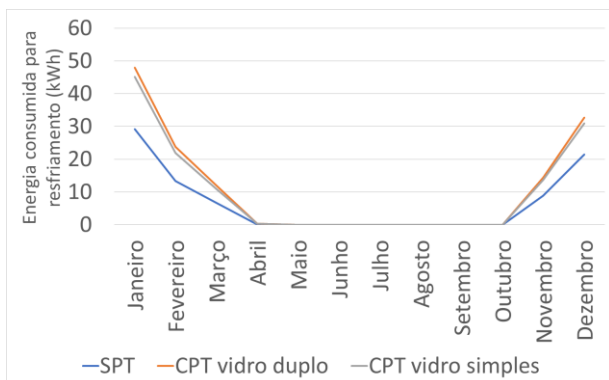


Figura 13 – Energia consumida para resfriamento (kWh) x tempo (meses). Comparação entre o modelo sem a parede Trombe e dois modelos com a parede Trombe e com o uso de sombreamento externo.

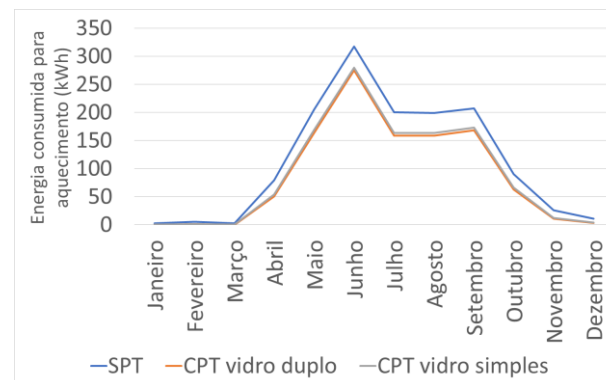


Figura 14 – Energia consumida para aquecimento (kWh) x tempo (meses). Comparação entre o modelo sem a parede Trombe e dois modelos com a parede Trombe e com o uso de sombreamento externo.

4.3. Sombreamento interno

Nesta última análise foi considerado o uso de uma cortina no período noturno durante as estações de outono e inverno. Novamente, na Figura 15 FIGURA 14, observa-se o aumento do consumo de energia para resfriamento. Já na Figura 16, é possível perceber que o uso do sombreamento interno permitiu uma redução do consumo de energia para aquecimento. No caso do vidro duplo a redução foi de 29,0% e no caso do vidro simples a redução foi de 26,3%. Quando é considerado o ano todo, o uso do sistema com vidro duplo permitiu a redução de 19,3% de energia para o condicionamento do ar, enquanto que o sistema com o vidro simples reduziu o consumo em 17,6%.

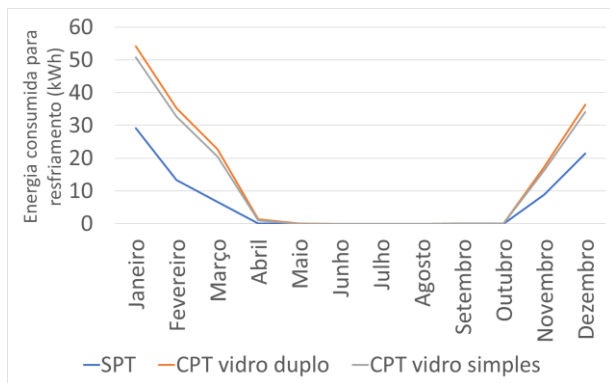


Figura 15 - Energia consumida para resfriamento (kWh) x tempo (meses). Comparação entre o modelo sem a parede Trombe e dois modelos com a parede Trombe e com o uso de uma cortina interna durante a noite.

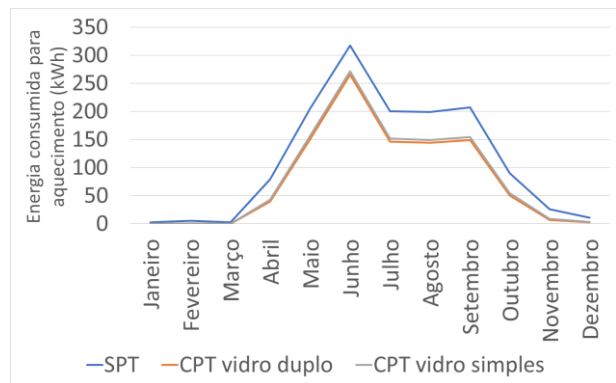


Figura 16 – Energia consumida para aquecimento (kWh) x tempo (meses). Comparação entre o modelo sem a parede Trombe e dois modelos com a parede Trombe e com o uso de uma cortina interna durante a noite.

5. CONCLUSÕES

A partir das análises presentes nos itens anteriores, pode-se perceber que o sistema de parede Trombe de armazenamento é uma alternativa adequada para o inverno da Serra Gaúcha. Contudo, para evitar o sobreaquecimento no verão, e conseqüentemente, o aumento do gasto com energia para resfriamento, é importante a adoção de aberturas, tanto no vidro (para permitir remover o ar da cavidade), quanto na parede de armazenamento (para permitir a circulação do ar entre a cavidade e o ambiente interno). A substituição do vidro simples pelo vidro duplo, e o uso da cortina nas noites de inverno e de outono, não representaram diferenças significativas no consumo de energia.

O uso do sombreamento, nas condições deste estudo, não contribuiu para a redução do consumo de energia anual quando comparada com o módulo com a parede Trombe sem o sombreamento. Contudo, quando apenas o período de resfriamento é considerado, o sombreamento mostrou-se capaz de minimizar os ganhos térmicos.

Como trabalhos futuros, será avaliado o desempenho térmico de paredes Trombes ventiladas. Dessa forma será possível conhecer quais são as melhores configurações para a parede Trombe na Serra Gaúcha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401 – 2 - Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 2: Parâmetros de Conforto Térmico**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- BIANCO, C. F. **Parede Trombe**: estudo experimental comparativo de desempenho térmico para aquecimento e arrefecimento na cidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- CAVALCANTI, F.A. de M.S. **Paredes Trombe no Brasil**: análise do potencial de utilização para aquecimento e refrigeração. Tese de Doutorado. Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2013.
- CHEN, B.; CHEN, X.; DING, Y. H., JIA, X. Shading effects on the winter thermal performance of the Trombe wall air gap: an experimental study in Dalian. **Renewable Energy**, 31, p. 1961-1971, 2006.
- ELLIS, Peter Graham. **Development and Validation of the Unvented Trombe Wall Model in EnergyPlus**. Dissertação de Mestrado. University of Illinois at Urbana-Champaign, 2003.
- ENERGYPLUS. **EnergyPlus**. Disponível em: <<https://energyplus.net/> 2017>. Acesso em: 24 mar. 2017.
- _____. **EnergyPlus Engineering Document – The Reference to EnergyPlus Calculations**. Version 8.4., Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, USA, 2015.
- GREE. **Condicionador de Ar Split Wall – Manual do Usuário**. Disponível em: <http://www.gree.com.br/gree_sistema/imagens_site/area_tecnica/2016/12/ef2b7afe33416167fefa46090eac18c2.pdf>. Acesso em 28 mai. 2017.
- LABEEE. **Arquivos climáticos INMET 2016**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016>>. Acesso em: 24 mar. 2017
- MORISHITA, C.; SORGATO, M.J.; VERSAGE, R.TRIANA, M.A.; MARINOSKI, D.L., LAMBERTS, R. **Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes e Coberturas** (v.5). Florianópolis: LabEEE, 2011.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª Edição. Rio de Janeiro: PROCEL / Eletrobrás, 2014.
- MENDONÇA, P.J.F. de A.U. de. **Habitar sob uma segunda pele**: Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães 2005.
- MUNICÍPIO DE BENTO GONÇALVES. **Conheça a Cidade**: Bento Gonçalves – RS. Disponível em: <<http://www.bentogoncalves.rs.gov.br/a-cidade/conheca-a-cidade>>. Acesso em: 24 mar. 2017.
- SAADATIAN, Omidreza, SOPIAN, K.; LIM, C.H.; SULAIMAN, M.Y. Trombe walls: a review of opportunities and challenge in research and development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, p. 6340 – 6351, 2012.

SUZUKI, E.V. **Avaliação do Potencial de Aquecimento / Resfriamento de um Sistema de Climatização Passiva**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2012.

WALLAUER, M.D. **Utilização do Programa EnergyPlus para a Simulação do Conforto Térmico em Edificações Populares em Quatro Capitais Brasileiras**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao grande auxílio prestado pelo Prof. Dr. Paulo Otto Beyer.