

TROMBR: UM APLICATIVO COM DIRETRIZES PROJETUAIS PARA A UTILIZAÇÃO DE PAREDES TROMBE NO BRASIL

Fernando Sá Cavalcanti (1); Rosana Maria Caram (2)

(1) Arquiteto, Professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas – UFAL. fernandoantonio@ctec.ufal.br.

(2) Física, Docente do Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo – USP. rcaram@sc.usp.br

RESUMO

Este trabalho apresenta um aplicativo para dispositivos móveis que contém recomendações de projeto para a utilização de paredes trombe em climas brasileiros, permitindo maior mobilidade e agilidade aos profissionais de projeto, visto que ainda há poucos aplicativos voltados à área de tecnologia da arquitetura e para a situação específica do Brasil. A parede trombe consiste em uma “estufa” entre uma parede de alta inércia térmica com aberturas inferiores e superiores e uma superfície envidraçada por onde o ambiente mantém contato com o exterior. Este dispositivo é capaz de absorver energia proveniente da radiação solar aquecendo o ar nesta estufa e este ar aquecido pode ser direcionado para o interior ou exterior da edificação a depender da finalidade. Este ar pode ser usado para aquecer o ambiente ou resfriá-lo por meio da ventilação natural. A partir de uma série de simulações computacionais utilizando o software EnergyPlus, foi elaborado um aplicativo para sistema Android em dispositivos móveis, baseado nos melhores resultados e propondo recomendações de projeto de modo a possibilitar que profissionais de projeto possam identificar a melhor tipologia para a localidade onde se deseja inserir este sistema e prever seu desempenho, contribuindo para que o potencial deste dispositivo seja investigado nas mais diversas regiões brasileiras.

Palavras-chave: EnergyPlus, Paredes Trombe, Sistema Android.

ABSTRACT

This paper presents an application for mobile devices that includes design recommendations for the use of walls trumpets in Brazilian climates, allowing greater mobility and flexibility to design professionals, because there are few applications dedicated to architecture technology and to the situation Specific Brazil. The trumpets wall consists of a "greenhouse" between a high thermal inertia wall with upper and lower openings and a glazed area where the environment is in contact with the outside. This device is capable of absorbing energy from solar radiation heating the air in this greenhouse and the heated air can be directed to the interior or exterior of the building depending on the purpose. This air can be used to heat or cool the environment it through natural ventilation. From a series of computer simulations using EnergyPlus software, an application for Android system on mobile devices, based on the best results and proposing recommendations to enable design professionals to identify the best type to the location where it was produced whether to insert this system and predict its performance, contributing to the potential of this device is investigated in several regions.

Keywords: EnergyPlus, Trombe Walls, Android Sistem.

1. INTRODUÇÃO

As Paredes Trombe possuem um grande potencial na promoção do conforto térmico em uma edificação, já que podem ser utilizadas com a intenção de tomar partido da ventilação natural, aquecimento solar e inércia térmica (ELSadig, 2004).

Esta parede é basicamente uma pequena "estufa", constituída por um vidro exterior orientada preferencialmente para o Norte (No caso do hemisfério Sul), porém, para o caso do Brasil, onde o maior desconforto térmico ocorre no verão, principalmente nas regiões com baixa latitude, há que se pensar na possibilidade de orientar este dispositivo para a fachada sul, pois neste período a trajetória do sol está voltada para o sul. Além desta parede envidraçada, há uma caixa de ar e uma parede de grande densidade e espessura moderada, que lhe garante grande inércia térmica, (normalmente em argila, pedra, ou tijolo maciço). Trata-se então de um sistema capaz de absorver a energia do sol, armazená-la durante o dia (no interior da parede, devido à inércia térmica da mesma) e irradiar calor para dentro da divisão adjacente durante a noite, ou quando for mais necessário.

O funcionamento de uma parede trombe é essencialmente simples: A radiação solar é absorvida pelo vidro que compõe a face exterior da parede, este material permite que a radiação de onda curta o atravesse e aqueça a face externa da parede com alta inércia térmica que apresenta alta absorvância. Ao aquecer, a parede com alta inércia térmica reemite calor para a câmara de ar existente neste sistema, produzindo-se o chamado "efeito estufa". Este efeito estufa é maximizado em decorrência da alta absorvância e alta emissividade que a parede com alta massa térmica apresenta, pois a radiação de onda longa emitida pela parede (na forma de calor) não pode voltar a atravessar o vidro.

O efeito estufa fará com que este sistema construtivo acumule calor que, sem alternativa, é liberado para o interior da habitação, quando utilizado para aquecimento ou para o ambiente externo, por meio do efeito chaminé proporcionando ventilação no ambiente interno por convecção, através de aberturas no topo e base da parede com alta massa térmica que potencializam a termocirculação.

De acordo com Elsadig (2004) este dispositivo possui vantagens e desvantagens em sua utilização; algumas vantagens são:

- O armazenamento de calor está localizado próximo ao vidro ou a área de coleta, permitindo maior eficiência no aproveitamento da radiação solar;
- O espaço do piso e das paredes pode ter mais flexibilidade, além de não expor o mobiliário à radiação solar direta;
- O atraso térmico obtido a partir da utilização deste sistema permite a liberação de calor para o ambiente interno nos momentos de maior necessidade, além de incrementar a ventilação natural em alguns casos onde esta estratégia é requisitada.

No entanto, algumas desvantagens devem ser observadas pelos profissionais que desejam incorporar tal elemento em seus projetos:

- A vista da face norte (ou a face onde se encontra este dispositivo) é parcialmente perdida, além do aproveitamento da luz natural incidente nesta fachada;
- Este componente pode ocupar uma grande área de fachada em edificações menores;
- Móveis e equipamentos colocados na parede trombe afetam diretamente o seu desempenho;
- Paredes trombe ventiladas devem ser fechadas à noite evitando assim o ciclo inverso do ar;
- Em dias sem sol, o desempenho da parede trombe é afetado de forma significativa.

Para um bom dimensionamento de uma parede trombe, deve-se levar em consideração alguns aspectos:

- O clima, pois as perdas de calor dependem da diferença entre as temperaturas externa e interna. Quanto maior for esta diferença, maior será a perda de calor, podendo ocorrer um superdimensionamento deste dispositivo;
- A latitude e orientação da edificação, pois a energia solar incidente pode mudar de acordo com a latitude, a partir de uma análise da trajetória solar;
- Necessidade de aquecimento e refrigeração do local onde será implantado este sistema.
- A eficiência de uma parede trombe também dependerá de alguns fatores internos, como a parede, seus materiais e espessura; superfície envidraçada e o número e dimensões das aberturas.

Para o Brasil, poucos estudos foram encontrados na bibliografia referente ao tema, como o trabalho de Figueira

et al (2003) onde foram realizadas medições in loco para avaliar o desempenho de uma parede trombe para o clima do Sul do país. Este sistema contou com garrafas cheias de água para auxiliar no armazenamento térmico. Foi observado um atraso térmico de 4 a 5 horas entre o pico de radiação e o pico de calor acumulado na parede trombe.

Esta parede trombe está localizada no Laboratório de Energia Solar da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), conforme apresentado na figura 1. Ela está localizada na fachada norte e possui cerca de 26m² inclinada a 50° e funciona de modo a promover a convecção natural na câmara de ar deste sistema. Outro fator importante é a superfície isolante no interior da parede com alta massa térmica, impedindo a emissão de calor para o ambiente interno (FIGUEIRA, 2005).



Figura 1 - Parede Trombe do Laboratório de Energia Solar da UFRGS (a) Vista externa e (b) Interna.

FONTE: FIGUEIRA, 2005

Vettorazzi et al (2010) elaboraram um projeto para habitação unifamiliar em Santa Maria – RS (Figura 2), tomando por base os princípios bioclimáticos propostos na norma europeia Passivhaus, também chamada de Passive-On e incorporaram neste projeto uma parede trombe, porém de forma empírica. Este dispositivo foi implantado na fachada oeste e protegido por uma vegetação evitando o superaquecimento da edificação no verão.

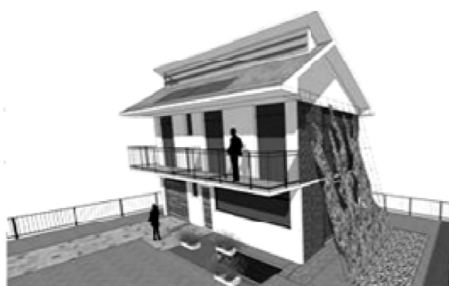


Figura 2– Perspectiva do projeto proposto

Fonte: (VETTORAZZI et al, 2010)

Cavalcanti et al (2011) investigaram o uso de paredes trombe em um projeto de habitação de interesse social (HIS) para a cidade de São Carlos-SP e concluíram que este sistema pode ser utilizado sem restrição tanto para promover refrigeração por meio da ventilação natural no verão quanto para promover o aquecimento solar passivo no inverno, minimizando assim o uso de ventiladores, ar condicionados e aquecedores nas edificações obtendo temperaturas entre os limites da zona de conforto estabelecida pela ASHRAE-55 (ASHRAE, 2004).

Kruger et al (2013) investigaram por meio de experimentos o potencial de uso das paredes trombe para a cidade de Curitiba (Figura 3) e por meio de equações estenderam estes resultados para Porto Alegre e Florianópolis e em todos os casos, observando um potencial de aproximadamente 30% na redução do consumo de energia, sendo Curitiba a localidade onde este sistema apresentou melhores resultados, que seriam catalisados caso houvesse automação no sistema de abertura e fechamento das aberturas.



Figura 3 - Células teste construídas por Kruger (et al 2013)

Fonte: Kruger (et al 2013)

Percebe-se então que para propor um sistema construtivo diferenciado para o clima brasileiro, é necessário entender seu funcionamento e avaliar seu desempenho quanto às necessidades dos usuários da edificação em questão, adequando seu projeto às recomendações das normas locais.

As tecnologias disponíveis para a computação móvel encontram-se atualmente em constante evolução e parecem destinadas a transformar-se no novo paradigma dominante da computação (MYERS et al., 2003), possibilitando uma maior portabilidade de dados e conectividade.

Pensando no usuário final, foi elaborado um aplicativo para dispositivos móveis com sistema operacional Android, com interface amigável e que apresenta as principais recomendações de projeto definidas a partir das análises desenvolvidas neste trabalho.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar um aplicativo para dispositivos móveis com sistema operacional Android de modo a oferecer recomendações projetuais para arquitetos e profissionais de projeto que desejem inserir paredes trombe em edificações projetadas para os diversos climas brasileiros.

3. MÉTODO

Esta metodologia foi baseada em estudos paramétricos obtidos a partir de simulações computacionais, utilizando o software EnergyPlus, aplicado a oito cidades brasileiras, uma em cada zona bioclimática estabelecida na NBR15220 (ABNT,2005) de modo a obter a melhor configuração de uma parede trombe para cada caso, tornando possível a utilização deste dispositivo arquitetônico em edificações construídas no Brasil.

Sabe-se então que para executar as simulações computacionais no software EnergyPlus (E+) uma das etapas essenciais é a inserção dos dados climáticos do sítio onde a edificação será implantada, Roriz elaborou arquivos climáticos para 411 cidades brasileiras (RORIZ, 2012). Por serem considerados dados mais precisos, pois foram obtidos a partir de coletas em estações meteorológicas, optou-se neste trabalho por utilizar esta base de dados de modo a considerar oito climas brasileiros, um para cada zona bioclimática estabelecida pela NBR-15220/3. As cidades que foram simuladas neste trabalho estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Relação das cidades utilizadas para simulações.

Cidades Simuladas	Estado	Zona Bioclimática	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Curitiba	PR	1	-25.52	-49.18	934
Santa Maria	RS	2	-29.70	-53.70	151
Florianópolis	SC	3	-27.67	-48.55	9
São Carlos	SP	4	-22.02	-47.89	854
Garanhuns	PE	5	-8.89	-36.49	823
Campo Grande	MS	6	-20.47	-54.67	532
Cuiabá	MT	7	-15.65	-56.10	176
Belém	PA	8	-1.38	-48.48	10

Após realizar simulações durante um ano climático, e de posse dos resultados indicados em °C.h de desconforto por calor e frio, foram elaboradas recomendações projetuais baseadas nos melhores modelos para cada situação analisada de modo que profissionais de projeto possam vir a utilizar este dispositivo de forma consciente no território brasileiro e em seguida, visando uma melhor interface e praticidade na vida profissional do projetista, elaborou-se um aplicativo para sistema Android que fornece as recomendações obtidas de forma didática.

Estes dados climáticos principalmente a zona bioclimática e latitude foram os principais definidores para estabelecimento das bases projetuais aqui propostas. As configurações do sistema trombe adotadas para propor as recomendações deste trabalho encontram-se descritas a seguir:

O ambiente simulado tem dimensões de 4,00 x 4,00m com pé direito de 3,00m e possui uma parede trombe na fachada sem sombreamento, orientada para o norte, sul ou oeste (conforme descrito posteriormente) com todas as paredes pintadas de branco (absortância $\alpha=0,27$), com excessão da parede com alta inércia térmica que apresenta sua superfície externa (superfície voltada para o interior do canal de ar da parede trombe) pintada de preto (absortância $\alpha=0,97$).

Os materiais construtivos adotados para as simulações deste trabalho estão descritos na Tabela 2, onde é possível observar as propriedades termofísicas dos materiais utilizados como dados de entrada para o software EnergyPlus.

Tabela 2 - Relação dos componentes e suas propriedades

Paredes				Piso				Laje			
Parede de tijolo com revestimento em argamassa (espessura variável)				Piso em concreto (10,0 cm) com revestimento cerâmico				Laje em concreto armado (15,0 cm) com mais 5,0cm de isolamento			
Componente	λ (W/m °C)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)	Componente	λ (W/m °C)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)	Componente	λ (W/m °C)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
Tijolo cerâmico 08 furos 19x19x09cm	0,40	1200	960	Concreto armado	1,75	2400	1005	Concreto armado	1,75	2400	1005
Argamassa de revestimento	0,85	2000	1005	Piso cerâmico	1,10	2000	1005	Isolante térmico	0,04	18	1675

Onde:

λ – Condutividade Térmica;

ρ – Massa específica (densidade);

c – Calor específico.

As simulações neste trabalho foram realizadas a partir do modelo de edifício padrão apresentado anteriormente e das variações paramétricas para as quais se deseja investigar a influência no desempenho térmico. Os parâmetros variados neste trabalho estão apresentados na Tabela 3, cujo impacto de cada variável será analisado em conjunto com os demais que também influenciam seu desempenho térmico.

Tabela 3 - Resumo das variáveis adotadas para as simulações.

Variáveis				
Área das aberturas	Espessura da parede com alta inércia	Tipo de fechamento da superfície envidraçada	Área da Superfície envidraçada	Distância: Parede - Vidro
(%)	(m)	(-)	(%)	(m)
3	0.15	Vidro simples 3 mm	50	0.05
6	0.30	Vidro duplo	75	0.10
	0.45	Tijolo de vidro	100	0.15

Foi feito o cruzamento entre todas as possibilidades, resultando em 162 casos para simulação. Foram consideradas três situações básicas para as simulações neste trabalho. A primeira situação pretende proporcionar aquecimento nos períodos frios, quando as duas aberturas (superior e inferior) permitem a circulação do ar que está aquecido neste dispositivo para o ambiente padrão, porém, sem renovação do ar interno por meio de ventilação natural (considerado nas simulações como modelo - FECH). A segunda situação promove a ventilação natural, quando a face de vidro da parede trombe possui uma abertura para saída do ar, além de considerar nesta situação a abertura inferior da parede trombe e a abertura de entrada do ambiente permitindo a passagem do ar (Chamado neste trabalho de modelo - VENT). Já na terceira situação, todas as aberturas do ambiente permitirão a circulação do ar, promovendo aquecimento (neste caso, chamou-se de modelo - AQEC), conforme se pode observar na figura 4.

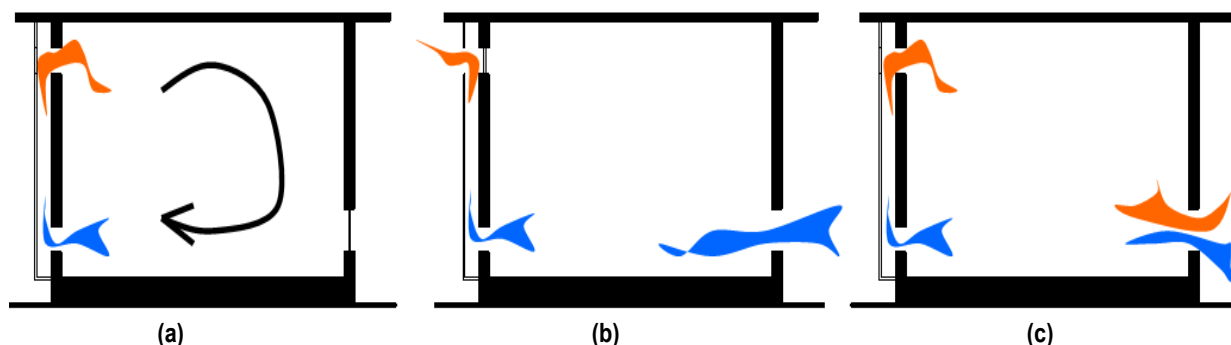


Figura 4 - Esquema das situações consideradas (a) situação 1 (FECH) (b) situação 2 (VENT) e (c) situação 3 (AQEC)

O Brasil está localizado predominantemente no hemisfério Sul, segundo a literatura encontrada, para projetar uma parede trombe nestes casos, deve-se orientá-la para o Norte. Porém, em algumas cidades simuladas neste trabalho, com baixas latitudes, pode-se observar que no verão, quando há maiores períodos de desconforto térmico devido a necessidade de refrigeração, a trajetória solar incide predominantemente na fachada sul e deste modo, surgiu a necessidade de avaliar a viabilidade de seguir a literatura ou propor para o caso específico brasileiro uma nova configuração.

Orientando a parede trombe nas cidades analisadas (principalmente as que apresentam latitude menor que 23,5°, que se refere ao trópico de capricórnio) para o sul, foi possível identificar o potencial de uso deste dispositivo para promover refrigeração por meio da ventilação natural nos meses mais quentes do ano.

Outra possibilidade identificada foi a necessidade de orientar a parede trombe para o oeste, pois deste modo o dispositivo receberia a radiação direta durante todo o ano no período da tarde, além de promover uma maior proteção em decorrência da parede com alta inércia e das pequenas aberturas. Sabe-se que a fachada oeste requer cuidados especiais quanto à possibilidade de promover superaquecimento no interior dos ambientes.

Foram realizadas 3888 simulações para 8 cidades brasileiras, cada uma em uma zona bioclimática distinta e em seguida elaborou-se recomendações projetuais que serviram de base para a estruturação do aplicativo que será apresentado em seguida.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Diante das considerações mencionadas anteriormente, pode-se afirmar que para a utilização de paredes trombe em climas típicos do Brasil, deve-se levar em consideração alguns fatores, primeiramente em relação à espessura da parede com alta inércia térmica.

Em todos os casos analisados neste trabalho, a parede trombe com 0,45m de espessura apresentou-se como o modelo mais adequado para proporcionar maior conforto térmico aos usuários. Este tipo de parede toma partido de uma alta inércia térmica para promover um amortecimento e atraso térmico, possibilitando obter temperaturas mais amenas nos ambientes internos e em alguns casos, impossibilitando ou dificultando que o calor produzido pelo efeito estufa no vão da parede trombe penetre a edificação, evitando desconforto por calor. Outra variável unânime em todas as cidades simuladas foi a área das aberturas de entrada e saída do ar que deve ser 3% da área total da parede trombe.

Para os demais parâmetros, houve uma pequena variação entre os modelos, conforme é possível observar na tabela 4, onde as recomendações construtivas são apresentadas, levando em conta os parâmetros analisados neste trabalho.

Tabela 4 - Recomendações construtivas para o uso de paredes trombe nas cidades analisadas.

	Orientação	(%) da área envidraçada	Aberturas	Espessura do canal de ar (m)	Parede com alta inércia (m)	Fechamento envidraçado
Curitiba - PR	N	100	3%	0,10	0,45	Vidro Duplo
Santa Maria - RS	N	100	3%	0,05	0,45	Vidro Duplo
Florianópolis - SC	N	100	3%	0,15	0,45	Bloco de Vidro
São Carlos - SP	S	100	3%	0,15	0,45	Bloco de Vidro
Garanhuns - PE	S	100	3%	0,15	0,45	Vidro Duplo
Campo Grande - MS	N	75	3%	0,10	0,45	Vidro Duplo
Cuiabá - MT	N	50	3%	0,10	0,45	Vidro Duplo
Belém - PA	N / S	50	3%	0,10	0,45	Vidro Duplo

Ao propor diretrizes projetuais para a utilização de paredes trombe no Brasil, deve-se levar em consideração o padrão de comportamento dos usuários e ao mesmo tempo permitir que este dispositivo seja controlado de forma manual, permitindo maior autonomia dos ocupantes das edificações dotadas deste componente.

Faz-se então necessário comparar os modelos que apresentaram melhor desempenho em cada uma das cidades simuladas para cada uma das tipologias apresentadas neste trabalho, pois para uma tipologia e outra não há diferença de sistemas construtivos, apenas de padrão de utilização, deste modo o usuário poderá optar por uma parede trombe ventilada no verão e uma parede trombe que promova aquecimento no inverno.

A partir de uma análise minuciosa, foi possível estabelecer um modelo híbrido que se adequa a cada situação

(aquecimento e refrigeração) em função da necessidade de cada época do ano e clima a qual está submetida a parede trombe.

Em algumas cidades brasileiras, as recomendações para o inverno são diferentes das recomendações para o verão, sendo inadequado recomendar uma configuração de parede trombe para todo ano e assim optou-se em analisar o período quente (setembro a março) e período frio (março a setembro) considerando o melhor modelo aquele que promovesse o menor desconforto por frio no inverno e por calor no verão.

Considerar uma mesma tipologia com diversas configurações é dar autonomia ao usuário de modo a proporcionar que ele tenha papel ativo na promoção do conforto térmico e propor soluções adaptáveis a cada situação e necessidade dos usuários.

Diante disto, pode-se afirmar que o clima e a latitude da cidade onde será inserida a parede trombe influencia diretamente na fachada em que este sistema deverá ser inserido e orientado, para baixas latitudes, entre $+23,5^\circ$ (onde localizam-se os trópicos), este componente deve ser orientado para a fachada oposta à recomendada pela literatura clássica sobre o tema, com exceção para climas quentes localizados entre -15° e $-23,5^\circ$, quando o calor excessivo pode ser potencializado no verão para as condições analisadas neste trabalho. Estas condições podem ser melhor analisadas ao investigar outras espessuras do canal no interior da parede trombe, promovendo um deslocamento de maior volume de ar.

Para cidades com climas quentes e úmidos, o modelo que prioriza a ventilação natural deve ser utilizado durante todo o ano, pois esta é a principal recomendação de projeto para estas localidades, já para regiões com verão quente e inverno frio e chuvoso, como é o caso da cidade de Garanhuns, no inverno as aberturas da parede trombe devem estar fechadas, permitindo apenas a renovação do ar por infiltração no período de inverno e abertas no verão priorizando a ventilação natural.

Cidades como São Carlos que apresentam Verão chuvoso e Inverno seco, além do modelo que favorece a ventilação natural no verão, deve-se permitir entrada de ar no inverno, utilizando a tipologia para aquecimento para que deste modo seja possível obter um menor índice de $^\circ\text{Ch}$ por frio e calor.

Nas cidades localizadas abaixo do Trópico de Capricórnio (latitude $-23,5^\circ$) a orientação do sistema aqui analisado deve sempre ser na fachada Norte, assim como recomendações gerais segundo as referências aqui citadas.

Para estas localidades, foram analisados três tipos de climas: clima frio, subtropical e temperado. Para estas localidades, as recomendações de projeto diferem-se apenas pelos sistemas construtivos. A partir destas análises foi desenvolvido um aplicativo que estabelece estas recomendações de projeto para o uso de Paredes Trombe em climas brasileiros.

4.1 TromBR: Um aplicativo para dispositivos móveis.

Tendo por base o avanço da tecnologia mobile, foi elaborado um dispositivo para Sistema Operacional Android em dispositivos móveis, visando proporcionar uma maior usabilidade dos resultados deste trabalho por parte dos escritórios de arquitetura e profissionais de projeto em geral que tenham o desejo de inserir este elemento em projetos para edificações localizadas no Brasil.

Este aplicativo (que pode ser baixado para qualquer dispositivo móvel através do QR-Code na figura 5) apresenta o conceito das paredes trombe e as tipologias utilizadas neste trabalho, porém a seção mais importante contempla as recomendações de projeto em função da latitude e do clima da localidade onde será inserido este elemento.

Para estas recomendações de projeto, ao iniciar esta seção do aplicativo, será solicitado do usuário a latitude para a qual se deseja inserir uma parede trombe e em seguida um clima que melhor se enquadra a esta região, conforme observado na figura 6.



Figura 5 - QR-Code para download do aplicativo.

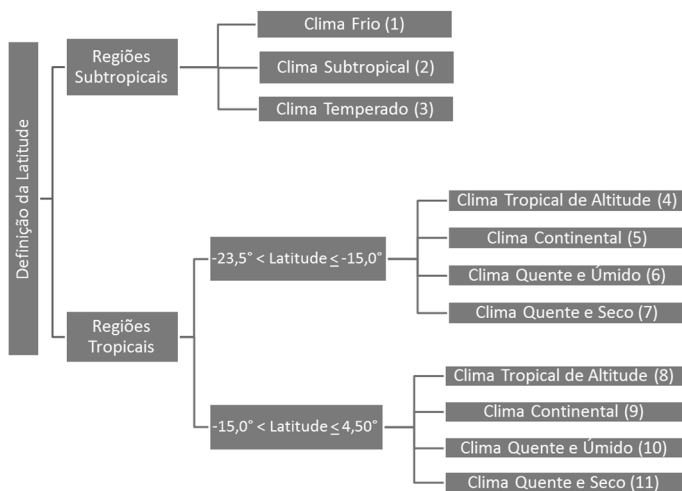


Figura 6 - Esquema para funcionamento do aplicativo

Observe que ao escolher uma latitude que indique uma região subtropical, o usuário apenas poderá escolher entre três opções de clima (frio, temperado e subtropical) evitando assim que por um descuido, seja inserido para a região sul um clima similar ao da cidade de Belém, por exemplo. O mesmo ocorre para as regiões tropicais.

Para cada caso considerado (11 climas) foi elaborada uma recomendação de projeto que poderá ser incorporada pelo projetista caso opte por utilizar uma das configurações analisadas neste trabalho, permitindo maior produtividade e assertividade na escolha da parede trombe para projetos de arquitetura.

Estas recomendações estão apresentadas na figura 7, que toma por base a numeração dos climas apresentada na figura 6 sendo:

A – Tipo do Fechamento Envidraçado;
 B – Espessura do Canal no interior da Parede Trombe;
 C – Espessura da parede com alta inércia;
 D – Relação da área das aberturas em função da área da superfície envidraçada.

CLIMA	ORIENTAÇÃO	ÁREA DA SUPERFÍCIE ENVIDRAÇADA	A	B	C	D
1	N	100%	Vidro Duplo	0,10m	0,45m	3%
2	N	100%	Bloco de Vidro	0,15m	0,45m	3%
3	N	100%	Vidro Duplo	0,05m	0,45m	3%
4	S	100%	Bloco de Vidro	0,15m	0,45m	3%
5	N	75%	Vidro Duplo	0,10m	0,45m	3%
6	N	50%	Vidro Duplo	0,10m	0,45m	3%
7	N	50%	Vidro Duplo	0,10m	0,45m	3%
8	S	100%	Vidro Duplo	0,15m	0,45m	3%
9	S	75%	Vidro Duplo	0,10m	0,45m	3%
10	S	50%	Vidro Duplo	0,10m	0,45m	3%
11	S	50%	Vidro Duplo	0,10m	0,45m	3%

Figura 7 - Recomendações projetuais em função da latitude e clima.

A seguir estão apresentadas as telas do aplicativo (Figura 8) que além de possibilitarem ao usuário uma interface amigável com fácil navegação entre as janelas, possibilita que com alguns toques seja tomada uma decisão para uma situação específica que pode dar maior celeridade ao processo de projeto, pois as estratégias ali descritas foram baseadas em simulações diversas que poderiam caso executadas por um escritório de projeto de arquitetura solicitar maior tempo e profissional especializado para sua realização.



Figura 8 - Telas do Aplicativo TromBr.

5. CONCLUSÕES

A partir dos dados apresentados, pode-se afirmar que os profissionais de projeto contam com uma ferramenta que auxilia a tomada de decisões no processo de concepção arquitetônica, visto que o aplicativo pode a partir da inserção de algumas características climáticas, fornecer diretrizes para a inclusão de paredes trombe em edificações localizadas no Brasil.

É importante salientar que as recomendações propostas a partir do uso do aplicativo proposto neste trabalho foram validadas para as configurações de paredes trombe estudadas e descritas neste documento, não sendo válidas para modelos com tipologias e sistemas construtivos diferentes dos mencionados anteriormente. Para tal, novas simulações para cada caso específico deverão ser realizadas para um melhor conhecimento do potencial de utilização deste componente.

O Aplicativo para dispositivos móveis apresentado neste artigo possibilita maior mobilidade para análise das propostas de paredes trombe e por ser fundamentado em simulações computacionais para diferentes climas possibilita conhecer a melhor configuração dentre as analisadas para cada localidade brasileira em função de sua latitude e clima.

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.
- ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers. **ASHRAE 55** - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Atlanta, 2004.
- CAVALCANTI, F. S.; LUKIANTCHUKI, M. A.; ANDRADE, N.; PAIVA, R. C.; CARAM, R. Maria. **Parede trombe como estratégia passiva promotora de eficiência energética em São Carlos - SP**. In: IV Congresso Brasileiro de Eficiência Energética. Juiz de Fora, 2011.
- ELSADIG, Ayman Khalid, **Energy Efficiency in commercial Buildings**. Dissertation presented to Master Course of Science Sustainable Engineering, University of Strathclyde, 2004.
- FIGUEIRA, D.F. ; KRENZINGER, A.; VIELMO, Horacio Antonio . **Daily Performance Evaluation of a Trombe-Michel Wall**. In: 17th International Congress of Mechanical Engineering, 2003, São Paulo. Proceedings of COBEM 2003.
- FIGUEIRA, Daniel S. **Análise Experimental e Numérica do Comportamento Térmico de um Coletor Solar Acumulador**. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.
- KRUGER, Eduardo. SUZUKI, Eimi; MATOSKI, Adalberto. **Evaluation of a trombe wall system in a subtropical location**. In: Energy and Building. Volume 66, pp364-372, 2013.
- MYERS, B. A.; BEIGL, M. **Handheld Computing**. IEEE Computer Magazine, 2003.
- RORIZ, Maurício. **Arquivos Climáticos de Municípios Brasileiros**. Texto para o Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações, São Carlos, 2012. disponível em: http://roriz.dominiotemporario.com/doc/Sobre_os_arquivos_EPW.pdf. Acesso em Junho de 2012.
- VETTORAZZI, Egon; RUSSI, Madalena; SANTOS, Joaquim C. P. **A utilização de estratégias passivas de conforto térmico e eficiência energética para o desenvolvimento de uma habitação unifamiliar**. In: Congresso internacional de Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social. Porto Alegre, 2010.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto.