

## **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE HABITAÇÃO UTILIZANDO CONTAINERS**

Vanessa Aparecida Caieiro da Costa (1); Henor Artur de Souza (2)

(1) Arquiteta e Urbanista, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia, IAU/USP, vanessa\_caieiro@yahoo.com.br

(2) Doutor, Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Construção Metálica - PROPEC, henorster@gmail.com

Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Engenharia Civil, Núcleo de Pesquisa em Conforto, Campus Universitário Morro do Cruzeiro, Ouro Preto - MG, 35400-000, Tel.: (31) 3559-1482

### **RESUMO**

O uso do container como solução construtiva é uma maneira de reaproveitar os containers abandonados nos portos, que apesar de não serem mais aptos ao uso no transporte de cargas, são produtos de alto padrão de qualidade e grande potencial de utilização como estrutura de edificações. Neste trabalho propõe-se um modelo habitacional unifamiliar utilizando a estrutura de containers observando-se os critérios e diretrizes mínimos de desempenho estabelecidos pela norma NBR 15575 para as condições climáticas da cidade de São Paulo. O desenvolvimento do estudo engloba três etapas: (a) definição do modelo de habitação, (b) avaliação de desempenho térmico via simulação numérica, utilizando-se o programa *EnergyPlus*, e (c) proposição de estratégias passivas de condicionamento e análise da eficiência destas estratégias, levando-se em conta o critério mínimo de desempenho proposto pela norma. Os resultados obtidos mostram que a edificação proposta atende ao critério mínimo de desempenho da norma, em relação aos ambientes de maior permanência, somente considerando-se a condição com sombreamento, taxa de ventilação de 1 ren/h, independentemente da condição de cor da envoltória, tanto para os dias típicos de verão e inverno.

Palavras-chave: container, sistema construtivo, reciclagem, conforto térmico.

### **ABSTRACT**

The use of the container as constructive solution is a way to reuse the abandoned containers in ports, which even though not more apt to use in the cargo transport, are high-quality products and great potential for use as building's structure. This work proposes a model single-family housing using the structure of containers in accordance with the criteria and minimum performance guidelines set by NBR 15575 standard to climatic conditions of São Paulo city. The development of the study comprises three steps: (a) definition of the housing model, (b) evaluation of thermal performance via numerical simulation using the software *EnergyPlus*, and (c) proposal of passive conditioning strategies and efficiency analysis of these strategies, taking into account the minimum performance criteria proposed by the standard. The results obtained show that the construction proposal meets the minimum performance criteria of the standard, in relative the rooms of greater permanence, only considering the shading condition, ventilation rate of 1.0 air changes per hour, regardless of the condition of envelope color for both the typical summer and winter days.

Keywords: container, building system, recycling, thermal comfort.

## 1 INTRODUÇÃO

A industrialização do processo de construção e racionalização do uso de materiais vem gerando transformações no desenvolvimento do setor da construção civil. Porém apesar da crescente tecnologia e mudanças no setor, ainda é bastante expressivo o volume de resíduos gerados para descarte nos canteiros de obra, presentes principalmente em obras com sistemas de construção convencionais com grande desperdício de materiais e baixa produtividade.

Neste cenário a construção modular é essencial para a sistematização da obra e efetiva integração de tecnologias e materiais, proporcionando a otimização do consumo de matérias-primas com a aplicação de materiais industrializados no processo construtivo, permitindo um planejamento global do projeto, desde a sua concepção até a sua realização plena, eliminando os inconvenientes gerados pelo método da construção tradicional. Deste modo é possível desenvolver o empreendimento com execução precisa e econômica evitando imprevistos e obtendo um resultado de obras executadas com maior rigor e qualidade superior.

O container surge no setor da construção civil como nova alternativa de tecnologia na construção, que corrobora com a aplicação da industrialização do processo construtivo aliado com a modulação. Sua função original no setor de transportes marítimo de cargas é subutilizada, por fatores como o inviável custo do deslocamento no retorno dos containers vazios a seus portos de origem e os requisitos da norma ISO 668 (ISO, 1995) que definem sua vida útil máxima de uso no transporte.

O resultado da “inutilidade forçada” dos containers é seu abandono e descarte nas regiões portuárias, gerando pilhas de caixas de aço como montanhas de lixo esquecidos, que apesar de serem biodegradáveis permanecem durante anos no meio ambiente.

O principal enfoque deste estudo é desenvolver um modelo de habitação unifamiliar com uso de containers, tirando esse material, de grande potencial construtivo, da inutilidade, adequando-o da melhor forma possível, fazendo uso das tecnologias disponíveis no mercado brasileiro e proporcionando habitabilidade pelo conforto térmico adequado da habitação.

Buscando tornar a casa container habitável, é realizada uma avaliação do desempenho térmico, utilizando-se as estratégias: ventilação (*Zone Ventilation*), sombreamento com o dispositivo arquitetônico de brises e isolante com massa térmica adequada. Cada uma dessas estratégias pode ser utilizada em conjunto ou individualmente, e isso depende da necessidade do projeto arquitetônico, visando-se o melhor desempenho possível.

## 2 OBJETIVO

Propor um modelo habitacional unifamiliar utilizando a estrutura de containers observando-se os critérios e diretrizes mínimos de desempenho estabelecidos pela norma NBR 15575 para as condições climáticas da cidade de São Paulo.

## 3 EXIGÊNCIAS DE CONFORTO TÉRMICO

Uma das principais funções da arquitetura é a de proporcionar aos usuários condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano no ambiente construído, sejam quais forem as características climáticas externas. O conforto térmico do usuário num ambiente construído está diretamente ligado ao desempenho térmico da construção em relação às condições climáticas locais e depende do projeto arquitetônico e das características dos materiais da envoltória empregados em função das exigências humanas de conforto. (FARIA, 2013; VIERA, 2008)

Para avaliar o desempenho energético e o nível de conforto proporcionado pela edificação ao usuário, a norma NBR 15575 (ABNT, 2013) propõe critérios e requisitos buscando obter maior conforto ao usuário, recomendando níveis de desempenho mínimo (*M*), intermediário (*I*) e superior (*S*), conforme apresentados na Tabela 1, que devem ser atendidos para conforto dos usuários e eficiência energética da edificação.

Nesse trabalho busca-se a combinação dos métodos construtivos e o uso adequado dos materiais do sistema de fechamento, as características climáticas nas quais o modelo proposto será inserido, o uso de estratégias bioclimáticas com o objetivo de estabelecer conforto térmico ao usuário, além de ser uma alternativa eficaz que ajuda no desempenho térmico da edificação. Neste estudo leva-se em conta o atendimento ao critério mínimo estabelecido pela norma (Tabela 1).

## 4 MÉTODO

A metodologia utilizada para o desenvolvimento da unidade habitacional com uso de estrutura de container está estruturada em três etapas: definição do modelo de habitação, avaliação de desempenho térmico via simulação computacional do modelo proposto e do container sem adaptações utilizando o programa *EnergyPlus*, proposição de estratégias passivas de condicionamento e análise dos resultados obtidos do

comportamento térmico da unidade, comparação com o container sem adaptações e o conforto proporcionado ao usuário.

Tabela 1 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão e inverno para a Zona Bioclimática 3

Nível de desempenho	Critério	
	Verão	Inverno
M	$T_{i,máx} \leq T_{e,máx}$	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3^{\circ}\text{C})$
I	$T_{i,máx} \leq (T_{e,máx} - 2^{\circ}\text{C})$	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 5^{\circ}\text{C})$
S	$T_{i,máx} \leq (T_{e,máx} - 4^{\circ}\text{C})$	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 7^{\circ}\text{C})$

$T_{i,máx}$  é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;

$T_{e,máx}$  é o valor máximo diário da temperatura do ar no exterior da edificação, em graus Celsius;

$T_{i,min}$  é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;

$T_{e,min}$  é o valor mínimo diário da temperatura do ar no exterior da edificação, em graus Celsius.

NOTA: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3: 2005.

Fonte: Adaptado de NBR 15575 (ABNT, 2013)

#### 4.1 Caracterização do modelo de habitação

O modelo proposto para o estudo, é composto por quatro containers do modelo 40 pés *Dry high cube*, adaptado a uma habitação unifamiliar desenvolvida em dois pavimentos, cuja volumetria e cortes são apresentadas na Figura 1. O modelo, com área construída de aproximadamente 134,92 m<sup>2</sup> e pé-direito de cada pavimento de 2,69m, é constituído por dez zonas térmicas, sendo o ático a zona 10.

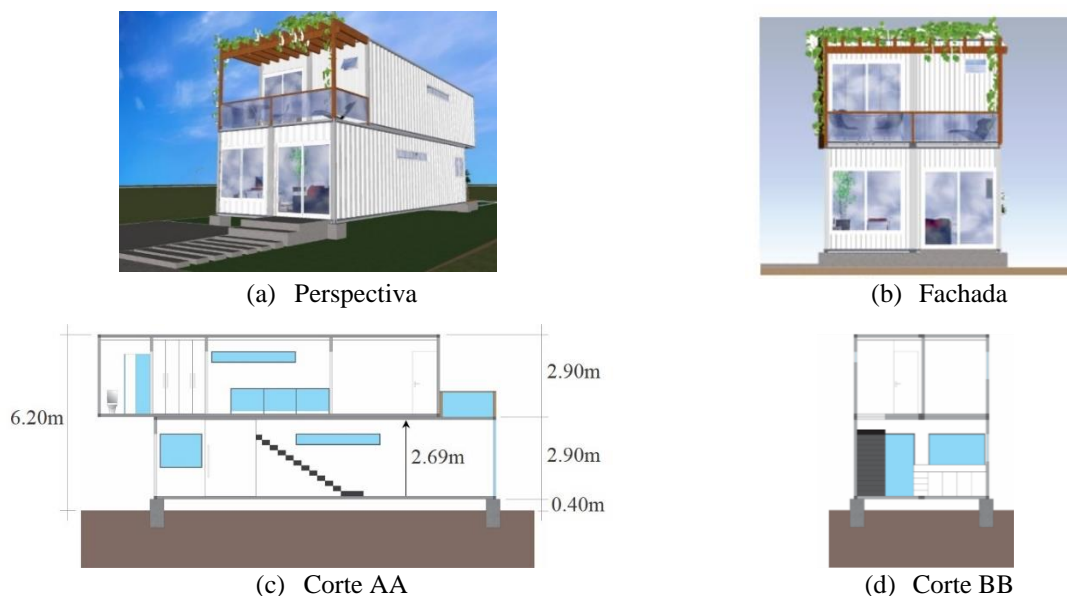
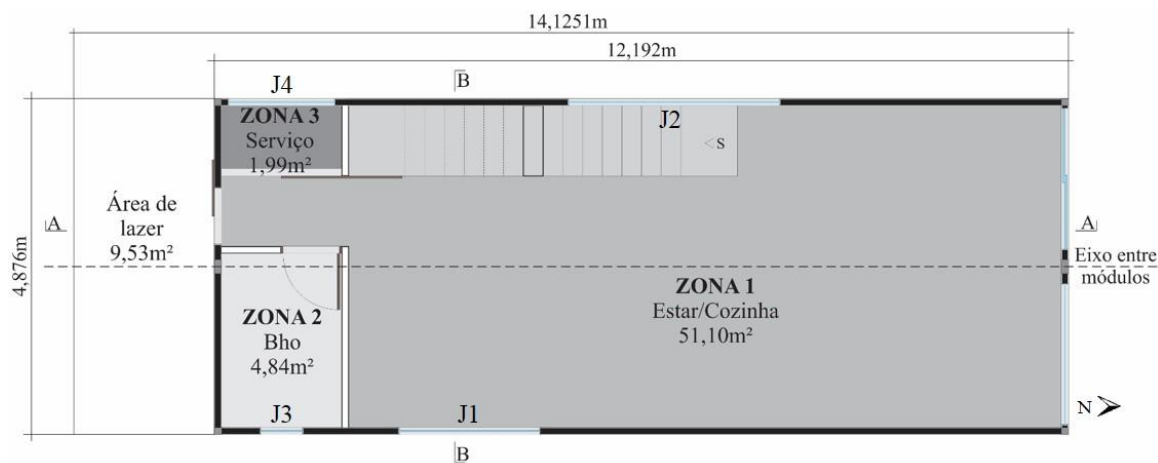


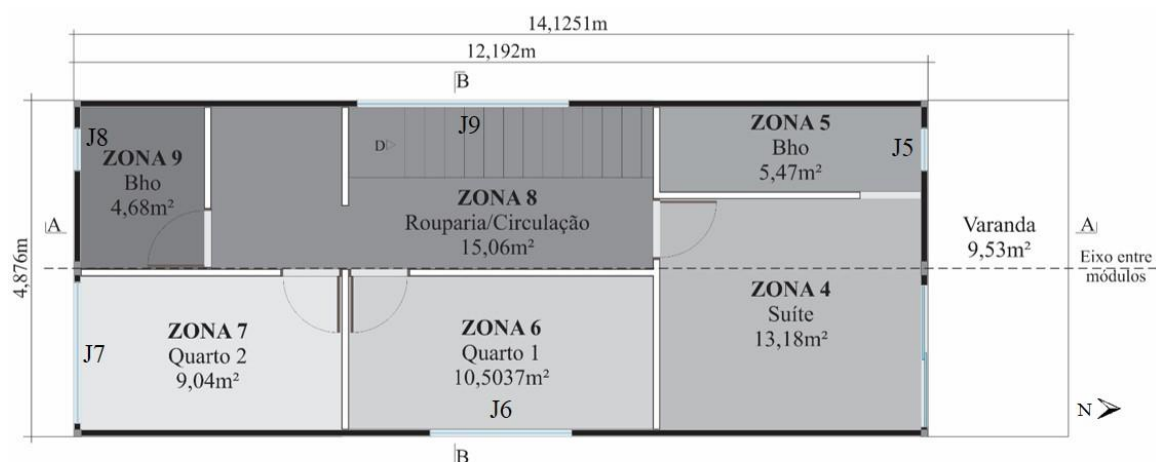
Figura 1 – Perspectiva, fachada e cortes da casa container

Na Figura 2 são apresentadas as plantas baixa do modelo habitacional. Nas plantas é possível observar os diferentes tipos de fechamento utilizados na edificação, nomeados de fechamento externo e fechamento interno. Nota-se também nas plantas a presença do eixo no meio da edificação que mostra onde termina a estrutura de um container e começa o outro e a localização dos marcos base dos containers.

Para a avaliação do desempenho térmico definem-se as zonas térmicas, para a modelagem da geometria da edificação. A zona térmica corresponde a um volume de ar de temperatura uniforme e cada zona é formada por superfícies que constituem os fechamentos da edificação: paredes, piso, teto, cobertura, portas e janelas. Nesta etapa, também são desenhados os dispositivos de proteção solar ou superfícies externas que sombreiem o edifício. (GOMES, 2011)



(a) Pavimento Térreo



(a) Pavimento Superior

Legenda:

— Fechamento Externo      ——— Fechamento Interno

Figura 2 – Planta Baixa e Disposição das Zonas Térmicas

#### 4.1.1 Sistema de fechamento adaptado

O sistema construtivo sugerido para a adaptação do modelo de habitação proposto com uso de containers, é muito semelhante ao aplicado no sistema *DryWall*, no que diz respeito ao sistema de fechamento externo e interno, já que são estruturas que necessitam que a parte elétrica e hidráulica, sejam embutidas no interior das paredes.

Além do papel de fechamento e divisória, o sistema de fechamento auxilia no isolamento térmico e acústico da edificação. As paredes são compreendidas por placas e em seu interior são colocadas todas as instalações e isolamento térmico e acústico, além do painel de guias e montantes nos quais são fixadas as placas.

O sistema de fechamento utilizado é composto por placas pré-moldadas e perfis metálicos também pré-fabricados. No Quadro 1 estão apresentadas as composições do sistema de fechamento externo, interno e de cobertura.

Quadro 1 - Composição do Sistema de Fechamento

Fechamento	Composição
Externo (12,05cm)	Chapa metálica (0,18cm) + Ar (2,72cm) + EPS (7,9cm) + Gesso Acartonado (1,25cm)
Interno (9,5cm)	Gesso Acartonado (1,25cm) + Ar (2cm) + EPS (5cm) + Gesso Acartonado (1,25cm)
Piso (6,8cm)	Chapa metálica (0,2cm) + Ar (3,6cm) + Madeira (3cm)
Piso áreas molhadas (10,28cm)	Chapa metálica (0,18cm) + Ar (3,6cm) + Madeira (3cm) + Argamassa (3cm) + Piso Cerâmico (0,5cm)
Cobertura e Forro do Pavimento Superior (12,05cm)	Chapa metálica (0,2cm) + Ar (2,7cm) + ESP (7,9cm) + Gesso Acartonado (1,25cm)
Cobertura (sem forro) do Pavimento Térreo (0,2cm)	Chapa metálica (0,2cm)

A chapa metálica presente nos fechamentos externo e cobertura é a que se encontra nas paredes e cobertura do container, feitas de aço de 18mm e 2mm respectivamente. As chapas fazem parte da composição do fechamento, e permanecem aparentes no exterior da edificação, mantendo seu *design* industrial.

Para face do fechamento externo e cobertura que ficam no interior da edificação e fechamento interno optou-se pelo uso de placas de gesso acartonado em todos os cômodos, e uso de placas resistentes à umidade nas áreas molhadas. Devido à baixa resistência térmica das chapas em aço do container, por ter uma boa condutividade térmica, é utilizado no interior dos fechamentos o poliestireno expandido (EPS), material isolante térmico, em todos os fechamentos.

Na Tabela 2 apresentam-se as propriedades termofísicas e espessuras dos materiais utilizados nos sistemas de fechamento.

Tabela 2 – Elementos de construção das superfícies

Material	Espessura (m)	Condutividade térmica (W/m.K)	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )	Calor específico (J/kg.K)
Gesso Acartonado	0,0125	0,35	960	840
EPS	0,05; 0,079	0,042	16	1420
Argamassa	0,03	1,15	2100	1000
Piso Cerâmico	0,005	0,85	1900	837
Madeira	0,03	0,23	750	1300
Chapa Metálica	0,0018; 0,002	55	7800	460

Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005); CLARKE, 1985.

## 4.2 Avaliação de desempenho térmico

Através da envoltória das edificações é que ocorrem as trocas térmicas e de massa entre o ambiente interno e externo. Dessa forma o consumo energético e o conforto térmico de uma edificação estão diretamente ligados às características da construção, uma vez que o fechamento desempenha um papel de grande influência nas condições ambientais internas, tornando-se necessário a análise de suas características.

Para a avaliação do desempenho térmico do modelo proposto foi utilizado o software *EnergyPlus* na versão 8.1.0.009 (CRAWLEY et al., 2000). A avaliação foi realizada de acordo com os requisitos e critérios presentes na norma NBR 15575 (ABNT, 2013), para o método de simulação numérica, simulando-se todos os recintos da unidade habitacional, considerando as trocas térmicas e de massa entre os seus ambientes e avaliando-se os resultados dos recintos de permanência prolongada como dormitórios e salas.

Conforme descrito na norma a orientação da unidade habitacional escolhida para a simulação deve ser tal que haja pelo menos um dormitório ou sala com duas paredes expostas. As paredes expostas deste recinto devem ter, preferencialmente, orientação tal que:

- verão: janela do dormitório ou sala voltada para oeste e outra parede exposta voltada para norte;
- inverno: janela do dormitório ou sala voltada para sul e outra parede exposta voltada para leste.

Deve-se também considerar a cor e as características das superfícies externas da cobertura e das paredes expostas, em relação a absorvância à radiação solar simulando-se para a cores clara ( $\alpha=0,3$ ), média ( $\alpha=0,5$ ) e escura ( $\alpha=0,7$ ), nas seguintes condições conforme apresentado no Quadro 2 e Figura 3.

Quadro 2 – Condições de análise

Condições	Descrição
Caso 1	condição padrão: ambientes com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de uma renovação do volume de ar do ambiente por hora (1,0 ren/h) e janelas sem sombreamento.
Caso 2	condição de ventilação sem sombreamento: ambiente ventilado a uma taxa de cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora (5,0 ren/h).
Caso 3	condição de sombreamento: proteção solar externa ou interna que impeça a entrada de radiação solar direta ou reduza em 50% a incidência da radiação solar global no ambiente.
Caso 4	condição de ventilação com sombreamento: ambiente ventilado a uma taxa de cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora (5,0 ren/h).

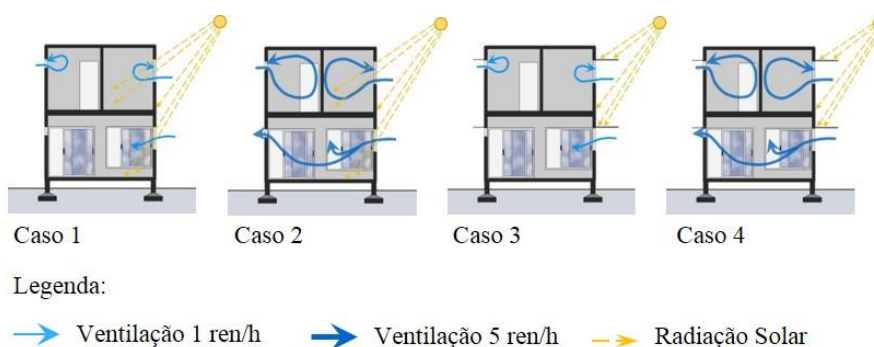


Figura 3 – Condições de avaliação térmica

#### 4.2.1 Caracterização climática de São Paulo/SP

Segundo a classificação de Köppen, a cidade de São Paulo, é pertencente ao clima subtropical úmido, caracterizado por um inverno seco e um verão bastante chuvoso; possuindo amplitude anual de temperatura menor do que a amplitude diária de temperatura e sendo caracterizado por duas estações (uma seca e outra úmida). (IAG/USP, 2014)

Na Tabela 3 apresenta-se as características da cidade de São Paulo conforme a norma NBR 15575 (ABNT, 2013).

Tabela 3 - Zona Bioclimática 3 – cidade de São Paulo

UF	Zona Bioclimática	Cidade	Latitude	Longitude	Altitude [m]
SP	3	São Paulo	23,5 S	46,62 W	792

Fonte: Adaptado de NBR 15575 (ABNT, 2013)

Para a avaliação do desempenho térmico, permitindo a melhor adequação da construção ao ambiente no qual será inserido, os dados climáticos são caracterizados pelos dias típicos de projeto, para os períodos de inverno e ou verão. A norma NBR 15575 (ABNT, 2013) define dia típico de projeto de verão (inverno) como um dia real, caracterizado por esses parâmetros para o dia mais quente (frio) do ano segundo a média do período dos últimos dez anos.

As condições climáticas são caracterizadas por valores horários de temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar incidente em superfície horizontal e pela velocidade média do vento predominante nos dias típicos de projeto de verão e de inverno (Tabela 4).

Tabela 4 - Dados climáticos dos dias típicos de verão e inverno da cidade de São Paulo/SP

Dia Típico	Texterna diária °C	Amplitude diária de temperatura °C	Te bulbo úmido °C	Radiação solar Wh/m <sup>2</sup>	Nebulosidade décimos
Verão	máx. = 31,9	9,2	21,3	5.180	6
Inverno	mín. = 6,2	10,0	13,4	4.418	

Fonte: Adaptado de NBR 15.575 (ABNT, 2013); CPTEC, 2009; INMET, 2012

#### 4.2.2 Estratégias Bioclimáticas incorporadas ao projeto

O uso adequado de estratégias bioclimáticas na concepção de edificações têm uma contribuição significativa para a melhoria do conforto dos usuários e eficiência energética. Neste trabalho foram utilizadas as estratégias de ventilação natural, sombreamento e massa térmica.

Adota-se o módulo de ventilação natural com taxas de renovação do ar constantes (*Zone Ventilation*), simulando-se o fluxo de ar entre as zonas térmicas e o exterior, através de frestas e janelas. Sob as janelas utiliza-se protetores solares, dimensionados de acordo com as necessidades da edificação, interceptando os raios solares, controlando e reduzindo o ganho de calor solar pelas áreas translúcidas das fachadas, Quadro 3.

Quadro 3 - Características construtivas do projeto

Características construtivas	
Esquadrias	Esquadrias de ferro na cor branca com vidro transparente de 3mm Modelo pivotante nos banheiros e de correr nos demais ambientes J1, J6, J7 - 2m x 1m / J2, J9 - 3m x 0,40m / J3, J5, J8 - 0,60m x 0,40m / J4 - 1,50m x 1m
Protetores Solares	Protetores solares horizontais finitos dimensionados de acordo com as dimensões de cada esquadria para reduzir 50% a incidência da radiação solar global no ambiente para as condições da cidade de São Paulo

O uso adequado da massa térmica dos fechamentos influencia no balanço térmico da edificação, pois é através da envoltória que ocorrem as trocas térmicas e de massa entre o ambiente interno e externo, desempenhando um papel de grande influência no conforto térmico e eficiência energética. Para o uso do container como habitação é indispensável o isolamento térmico dos fechamentos, Figura 4, sem o qual tornaria desconfortável a vivência no seu interior devido à baixa resistência térmica das chapas em aço do container.

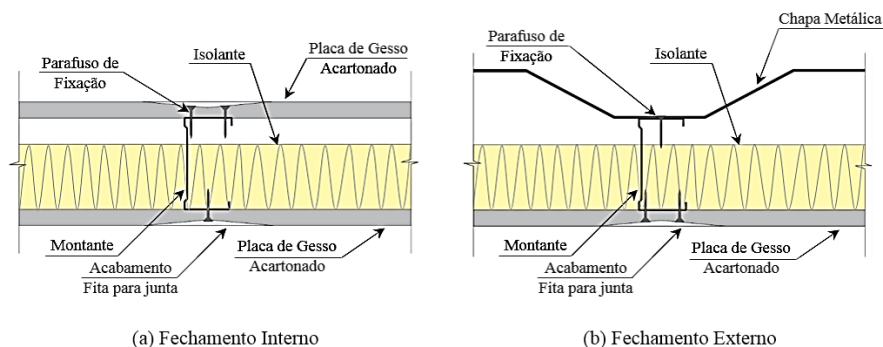


Figura 4 - Ilustração da composição dos fechamentos verticais

## 5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Os dados obtidos na avaliação de desempenho realizada por meio de simulação computacional, ou seja, as variações das temperaturas internas dos ambientes selecionados, de acordo com os requisitos da norma NBR 15575 (ABNT, 2013), são apresentados para os ambientes selecionados: estar/cozinha e quarto 2, por serem ambiente de permanência prolongada e devido a sua orientação.

Nas Tabelas 5 a 7 são apresentados os valores mínimo (inverno) e máximo (verão) da temperatura do ar exterior e interior, referentes aos dias típicos de inverno e verão em relação aos dados climáticos da cidade de São Paulo/SP, conforme critério mínimo da norma (Tabela 1).

Compara-se o comportamento térmico do modelo em função da variação da taxa de ventilação, de 1ren/h ou 5ren/h, presença ou não de sombreamento e também com a variação do coeficiente de absorvância em relação à radiação solar ( $\alpha$ ), conforme estabelecido pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013) e apresentado no Quadro 2.

Também é analisado o comportamento térmico dos containers sem adaptação, Tabela 5, na modulação utilizada pelo projeto arquitetônico, possibilitando analisar a influência das intervenções propostas no desempenho da habitação.

Tabela 5 - Temperaturas internas nos dias típicos do container sem adaptações

CONTAINER SEM ADAPTAÇÕES					
Dia Típico	T <sub>externa</sub>	Térreo unidade Leste	Térreo unidade Oeste	Superior unidade Leste	Superior unidade Oeste
INVERNO	Min + 3°C: 9,2	9,4	9,3	9,0	9,0
VERÃO	Máx: 31,9	32,4	33,9	33,6	34,8

Atende ao desempenho mínimo
  Não atende ao desempenho mínimo

Tabela 6 - Temperaturas internas nos dias típicos sem presença dispositivo de sombreamento

SEM SOMBREAMENTO													
Dia Típico	T <sub>externa</sub>	$\alpha = 0,3$				$\alpha = 0,5$				$\alpha = 0,7$			
		Caso 1 1 ren/h		Caso 2 5 ren/h		Caso 1 1 ren/h		Caso 2 5 ren/h		Caso 1 1 ren/h		Caso 2 5 ren/h	
		Estar/Cozinha	Quarto 2	Estar/Cozinha	Quarto 2	Estar/Cozinha	Quarto 2	Estar/Cozinha	Quarto 2	Estar/Cozinha	Quarto 2	Estar/Cozinha	Quarto 2
INVERNO	Min + 3°C: 9,2	12,1	11,0	9,7	8,8	12,1	11,0	9,7	8,9	12,8	11,9	10,2	9,5
VERÃO	Máx: 31,9	29,8	32,1	30,7	32,0	29,8	32,3	30,7	32,1	29,9	32,4	30,7	32,2

Atende ao desempenho mínimo
  Não atende ao desempenho mínimo

Observa-se nos resultados mostrados nas Tabelas 6 e 7, que no inverno é atendida a condição de desempenho térmico mínimo exigido pela norma para as condições sem sombreamento e com a presença de sombreamento para a condições de cor clara ( $\alpha = 0,3$ ), média ( $\alpha = 0,5$ ) e escura ( $\alpha = 0,7$ ) somente com taxa de ventilação correspondente a 1 ren/h. Em relação ao período de verão a edificação só atende o desempenho térmico mínimo exigido para a condição com sombreamento e em todos casos (Quadro 2). Comparando-se com o container sem adaptações, observa-se que se obtém uma melhora no desempenho térmico da ambiente com s adaptações incorporadas (Tabela 5).

Tabela 7 - Temperaturas internas nos dias típicos com presença dispositivo de sombreamento

COM SOMBREAMENTO													
Dia Típico	T <sub>externa</sub>	$\alpha = 0,3$				$\alpha = 0,5$				$\alpha = 0,7$			
		Caso 3 1 ren/h		Caso 4 5 ren/h		Caso 3 1 ren/h		Caso 4 5 ren/h		Caso 3 1 ren/h		Caso 4 5 ren/h	
		Estar/ Cozin ha	Quarto 2	Estar/ Cozin ha	Quarto 2	Estar/ Cozin ha	Quarto 2	Estar/ Cozin ha	Quarto 2	Estar/ Cozin ha	Quarto 2	Estar/ Cozin ha	Quarto 2
<b>INVERNO</b>	Min + 3°C: 9,2	12,0	10,9	9,7	<b>8,9</b>	12,1	11,0	9,7	<b>8,9</b>	12,2	11,1	9,8	<b>9,0</b>
<b>VERÃO</b>	Máx: 31,9	28,8	30,9	30,1	31,2	28,8	30,9	30,1	31,3	28,9	31,0	30,2	31,4

Atende ao desempenho mínimo
  Não atende ao desempenho mínimo

Nas Figuras 5 e 6 apresenta-se a evolução temporal da temperatura externa e da temperatura interna na zona térmica quarto 2, obtida ao se avaliar a absorvância à radiação solar conforme as características das superfícies externas dos fechamentos. Considera-se a presença e a ausência do dispositivo de sombreamento e os resultados mostrados são para as três alternativas de cores, cor clara ( $\alpha = 0,3$ ), cor média ( $\alpha = 0,5$ ) e cor escura ( $\alpha = 0,7$ ).

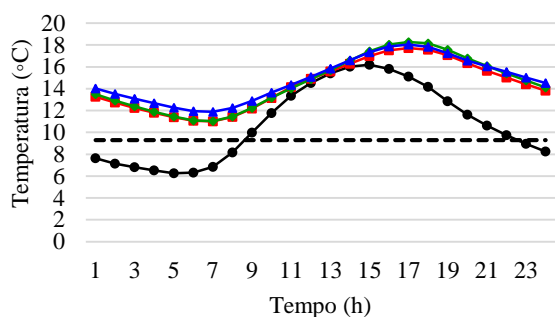


Figura 5 - Evolução temporal da temperatura interna e externa do ambiente Quarto 2 no dia típico de Inverno, 1 ren/h e sem sombreamento

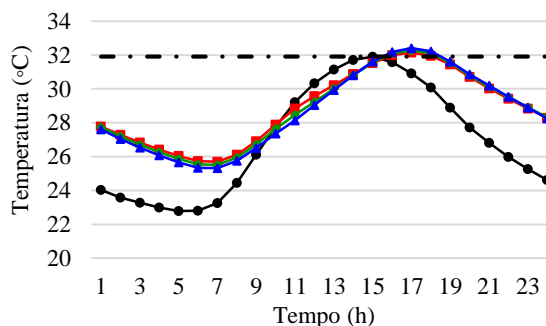


Figura 6 - Evolução temporal da temperatura interna e externa do ambiente Quarto 2 no dia típico de Verão, 1 ren/h e sem sombreamento

Nota-se pelos resultados mostrados nas curvas de evolução da temperatura, Figuras 5 e 6, que cores escuras (maior absorvância à radiação solar, ou seja,  $\alpha = 0,7$ ) proporcionam maior temperatura máxima interna durante os dias típicos de inverno e verão. Para os casos mostrados somente para a condição de dia típico de verão sem sombreamento, não é atendido o critério mínimo da norma (Figura 6, Tabela 6).

Com o aumento da taxa de ventilação, para 5 ren/h., a temperatura interna dos ambientes tende a se aproximar da temperatura externa, principalmente nos horários de temperatura mais elevada. Os resultados mostram que a presença do sombreamento sobre as áreas envidraçadas, diminui significativamente as temperaturas máximas no verão influenciando nos níveis de conforto e atendimento ao critério de desempenho mínimo da norma NBR 15575 (ABNT, 2013).

## 6 CONCLUSÕES

O uso de containers como alternativa construtiva para habitações vem se apresentando como uma solução adequada, pois além de oferecer um processo construtivo rápido e de alta qualidade, essa alternativa auxilia



em dar um destino aos containers tirando-os da inutilidade, possibilitando construções com alto índice de qualidade estética, e benefícios ambientais e econômicos ao homem.

Sendo a preocupação deste projeto o conforto dos usuários, do ponto de vista do desempenho térmico da edificação, o container com uso de sistema de fechamento em multicamadas intermediados de material isolante, como o EPS, entre as placas do fechamento, mostra-se eficiente com a presença de dispositivo de sombreamento e taxa de ventilação 1 ren/h, como pode ser observado nos dados obtidos a partir da avaliação térmica realizada para as condições climáticas da cidade de São Paulo.

Pode-se concluir ainda que o container tem um amplo potencial de possibilidades de implantações e revestimentos, porém faz-se necessário o estudo das características estruturais do container e métodos construtivos mais adequados.

Do ponto de vista do desempenho térmico, como mostrado neste estudo, é essencial considerar as características climáticas do local e o estudo das estratégias bioclimáticas adequadas a edificação e sua análise térmica na fase de projeto, para alcançar o objetivo de habitabilidade com conforto, adequando-a para o convívio em seu interior de acordo com os requisitos estabelecidos pela norma NBR 15575.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações, Rio de Janeiro, 2005, 92 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edifícios habitacionais – Desempenho, Rio de Janeiro, 2013.
- BAGNATI, M. M. **Zoneamento brasileiro e arquitetura brasileira: qualidade do ambiente construído**. Porto Alegre, 2013. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Programa de Pós Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- BITTENCOURT, L. S; CÂNDIDO, C. M. **Introdução à ventilação natural**. Maceió, EDUFAL, 2005.
- CPTEC. **Banco de dados climatológicos**. 2009. Disponível em: < <http://www.cptec.inpe.br/>>, Acesso em: 05 nov, 2009.
- CLARKE, J. **Energy simulation in building design**. Adam Hilger Ltd, Bristol, U, K, 1985, p, 387.
- CRAWLEY, D. B. et al. EnergyPlus: Energy Simulation Program. **ASHRAE Journal**. Atlanta: ASHRAE, v.42, p. 49-56, 2000.
- FARIA, M. A. **Avaliação das Condições de Conforto Térmico nas Salas de Aula do Campus Morro do Cruzeiro da UFOP**. Ouro Preto, 2013. 157 f. Dissertações (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.
- GOMES, A. P. **Avaliação do desempenho térmico de edificações unifamiliares em Light Steel Framing**. 2007. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.
- GOMES, A. P. **Método de avaliação do desempenho térmico de edifícios comerciais e residenciais em light steel framing**. 2011. 147 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.
- IAG/USP - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, 2014. Disponível em: < <http://www.estacao.iag.usp.br/seasons/index.php>>. Acesso em: 19 ago. 2014.
- INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Disponível em: <[www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep)>. Acesso em: 12 set. 2012.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 668: Classification, dimensions and ratings - Series 1 freight containers, Genebra, 1995.
- NEVES, L. O. **Arquitetura Bioclimática e a obra de Severiano Porto**: Estratégias de ventilação natural. São Carlos, 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2006.
- QUEBRA-SOL ou Brise Soleil - Controle da incidência dos raios solares, 1999. Disponível em:<[http://www.edifique.arq.br/nova\\_pagina\\_24.htm](http://www.edifique.arq.br/nova_pagina_24.htm)>. Acesso em: 29 set. 2014.
- PAPST, A. L. **Uso de Inércia térmica no clima subtropical. Estudo de caso em Florianópolis – SC**. Florianópolis, 1999. 165 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.
- TEIXEIRA, A. M. B. **Impacto da Norma de Conforto Europeia EN 15251 na certificação energética em edifícios de serviços**. Porto, 2009. Relatório do Projecto Final / Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica/MIEM da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP. Porto, 2009.
- VIERA, C. C. **Conforto Térmico e Iluminação Natural no Edifício Administrativo da Escola de Engenharia de São Carlos/USP – O BLOCO E1**. São Carlos, 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Programa de Pós Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFOP e à FAPEMIG pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto.