O USO DE CONTAINERS COMO HABITAÇÃO: AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO PARA A CIDADE DE SÃO PAULO.

GALVÃO, Walter José Ferreira (1); VOLTANI, Éder Ricardo (2)

(1) Arquitetura e Urbanismo, Centro Universitário SENAC de São Paulo, walter.jgalvao@sp.senac.br;
(2) Engenharia Civil, Centro Universitário Unimetrocamp Wyden, eder.voltani@unimetrocamp.edu.br.

Resumo: *O incremento dos princípios da sustentabilidade na indústria da construção civil brasileira demandou a aplicação dos ideais de reciclagem de materiais como uma premissa da cadeia produtiva dos ambientes construídos em nosso país. Assim, iniciado nos anos de 1990 em países como Holanda, Inglaterra e Japão, o uso de containers em unidades habitacionais já é efetivado no Brasil desde o início do século XXI, tendo como argumento a minimização dos impactos ambientais do descarte deste produto ao findar sua vida útil como elemento de transporte de mercadorias. No entanto, para sua aplicação na construção civil estes containers devem ser testados para verificação do atendimento de importantes itens de desempenho demandados de uma edificação por seus usuários. Particularmente para o uso habitacional, a norma brasileira NBR 15575 apresenta indicadores de desempenho desses itens que passam a ser uma exigência legal no seu atendimento, como o Conforto Térmico, especialmente com o uso de tecnologias passivas para seu provimento. Um módulo padrão de container criado foi analisado para o atendimento de algumas prerrogativas da norma NBR 15220. As análises demonstraram problemas no uso de containers para habitação no quesito avaliado, evidenciando que são necessárias importantes e impactantes adaptações.*

Palavras-chave: *Containers como habitação; qualidade ambiental na habitação, sistemas construtivos inovadores*

Área do Conhecimento: *Qualidade e desempenho de produtos e sistemas construtivos – aspectos de desempenho*

1 INTRODUÇÃO

Iniciado nos anos de 1990 em países como Holanda, Inglaterra e Japão, o uso de containers em unidades habitacionais já é efetivado no Brasil desde o início do século XXI. Antes, porém, no final da década de 90 do século XX, algumas iniciativas para outros usos já eram realizadas, como as chamadas “escolas de lata” implantadas na rede pública de ensino do estado de São Paulo, bem como pela administração da capital paulista. Não obstante a necessidade de implantação rápida de escolas para atendimento da demanda da cidade de São Paulo, os containers adotados tinham poucas adaptações para serem utilizados como edificações. Com efeito, o desempenho térmico passou a ser extremamente comprometedor para esta solução construtiva (MADAZIO et Alli, 1997).

Em adição, no ano de 2013 entrou em vigor a norma brasileira NBR 15575 (ABNT, 2013), que fixou requisitos e critérios a serem atendidos pelos edifícios habitacionais em diversos itens de desempenho, dos quais o Conforto Térmico é parte integrante. Destaca-se que, para o uso habitacional, as deliberações da NBR 15575 (ABNT, 2013) têm peso de Lei, isto é, são obrigatórias no seu atendimento, pois é amparada pela Lei Federal 8.078 (1990), denominada Código de Defesa do Consumidor.

Baseado em indicadores de desempenho apresentados pela NBR 15220 (ABNT, 2005), um módulo padrão de container projetado e ajustado para ser usado como habitação foi avaliado para o atendimento desses indicadores referentes ao Desempenho Térmico.

Por fim, com base nos resultados obtidos verificou-se que, não obstante o módulo ter potencialidades para o uso como habitação, ajustes são necessários para tal.

2 METODOLOGIA

Na elaboração do módulo habitacional padrão foi adotado o arquétipo dimensional de containers

empregados para o transporte de cargas. Digno de nota que os containers mais utilizados são os de 20 e 40 pés, conforme demonstrado nas figuras 3 e 4 a seguir.

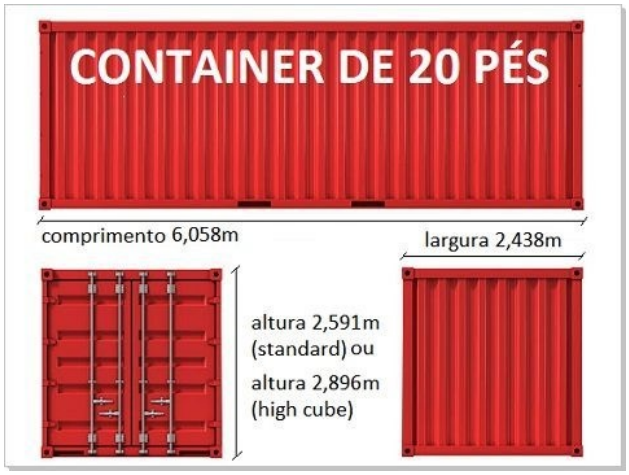


Figura 1 – Dimensões de container de 20 pés. Fonte http://dicasdearquitetura.com.br/tipos-e-medidas-de-containers-para-construcao/



Figura 2 – Dimensões de container de 40 pés. Fonte http://dicasdearquitetura.com.br/tipos-e-medidas-de-containers-para-construcao/

Foi utilizado o container de 40 pés (modelo *standard* com altura de 2,591 metros), elaborando leiaute padrão para o módulo habitacional com dormitório, banheiro, cozinha e sala de estar/jantar (figura 3). Vale acrescentar que, para dimensionamento dos ambientes, foram usadas as recomendações da norma NBR 15575 (ABNT, 2013), com quantidade de peças de mobiliário por ambiente da habitação, seguido de dimensões dos móveis e espaço para seu uso.

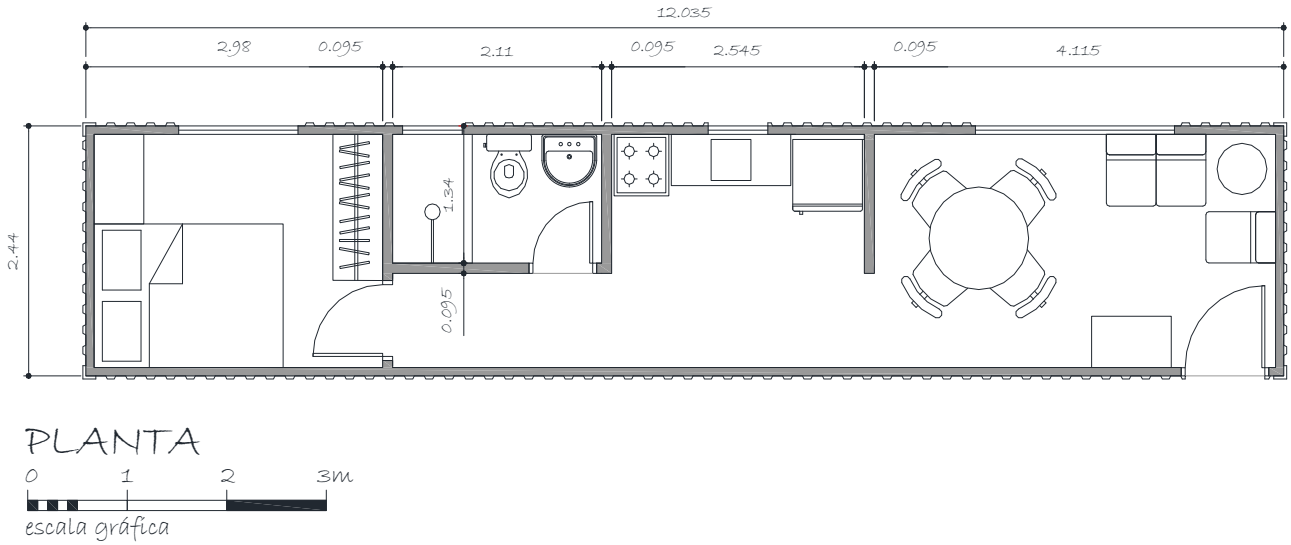


Figura 3 – Módulo habitacional padrão criado a partir de container de 40 pés.

O local para as análises era a cidade de São Paulo. Assim, a NBR 15220 (ABNT, 2005) determina que as aberturas para ventilação em cômodos de permanência prolongada na capital paulistana (zona bioclimática 3) devem ter de 15 a 25% da área do piso. Para o dormitório e sala de estar/jantar, foram adotadas aberturas com 1,44m² e 2.16m². Isto corresponde a 24 e 23,55% dos ambientes, respectivamente.

Originalmente as envoltórias dos containers são compostas de aço patinável, tipo *corten*, mais resistente que o aço convencional para resistir às ações de agentes externos como intempéries e salinidade (DUTRA, BOFF, MARQUES e SCHAFFER, 2013). A espessura destas chapas varia de 1,5 a 1,9 milímetros, dependendo do fabricante. No módulo a ser simulado foi adotado o aço patinável tipo *corten* de 1,5 milímetros. Existe a necessidade de isolar termicamente as vedações externas dos containers para uso como habitações, o que é prática comum no mercado de containers para habitação e citado por Keller e

Burke (2010). Assim, para o isolamento térmico do módulo padrão, foi previsto internamente a aplicação de manta de lã de vidro com densidade de 24 Kg/m³ e fechamento de placas de gesso acartonado com 12,5 milímetros de espessura, conforme apresentado no detalhe em planta da vedação vertical externa (figura 4). Digno de nota que esta solução foi adotada também para a cobertura.

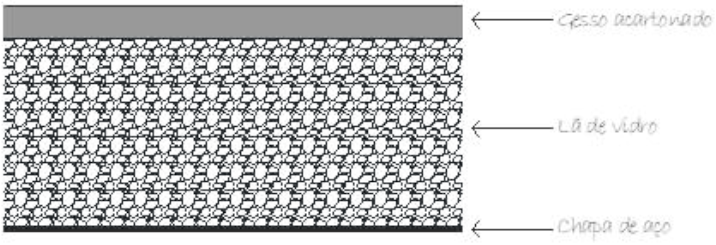


Figura 4 – Detalhe esquemático em planta da vedação vertical externa e cobertura do módulo habitacional padrão em container.

De mesmo modo, este recurso será utilizado para a cobertura, porém será usada telha metálica (aço galvanizado) de 0,5 milímetro de espessura com uma camada de ar ventilado de 15 centímetros entre a telha e o container. Foi previsto que o módulo habitacional padrão ficará elevado do solo, criando camada de ar ventilado abaixo do piso, com 15 centímetros de altura. Todas as vedações verticais internas são compostas de chapas de gesso acartonado com 12,5 milímetros de espessura e camada de ar entre elas, resultando em espessura final de 9,5 centímetros.

Tanto a NBR 15220 (ABNT 2005), bem como a NBR 15575 (ABNT, 2013) apresentam requisitos de desempenho que devem ser atendidos pelos materiais que compõe as vedações, no que diz respeito ao seu comportamento térmico. Particularmente é especificado como indicador de desempenho a Transmitância Térmica (U – W/m²K), sendo que, quanto maior a Transmitância Térmica da vedação, menos resistente ela é à passagem de calor de uma face para outra. Assim, a NBR 15220 (ABNT, 2005) indica para a zona bioclimática onde está inserida a cidade de São Paulo (zona 3), uma vedação vertical externa deve ser “Leve Refletora”, com Transmitância Térmica máxima de 3,60W/m²K. Para coberturas nesta zona bioclimática, por sua vez, a NBR 15575 (ABNT, 2013) determina que a Transmitância Térmica pode chegar a 3,7 W/m²K, desde que a absortância[1] não ultrapasse 60%.

A norma brasileira NBR 15575 (ABNT, 2013) apresenta três procedimentos para avaliação térmica nos ambientes internos das habitações, sendo:

1. Procedimento 1 – simplificado: verificação dos requisitos e critérios para fachadas e coberturas, com base nas características térmicas dos materiais constituintes.

2. Procedimento 2 – simulação: verificação dos requisitos e critérios estabelecidos pela norma com base em simulações computacionais.

3. Procedimento 3 – medição: verificação dos requisitos e critérios por meio de medições feitas em edificações ou protótipo construído.

Vale acrescentar que a NBR 15575 (ABNT, 2013) informa que os procedimentos citados tanto podem ser usados combinados, bem como isoladamente. Foram adotados os procedimentos 1 e 2, ou seja, verificação dos requisitos e critérios para fachadas e coberturas fundamentados nas características térmicas dos materiais constituintes, bem como simulação computacional. Para as simulações computacionais foi utilizado o software *EnergyPlus* versão 8.4, desenvolvido e distribuído pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos da América e citado nominalmente na norma NBR 15575 (ABNT, 2013) como um dos programas computacionais aceitos no processo de avaliação.

Foi simulado apenas o dormitório e, conforme recomendações da NBR 15575 (ABNT, 2013) foram feitas simulações para os dias 22/06 e 22/12 (solstícios de inverno e verão)[2], representando o dia típico de inverno e de verão, respectivamente. Para os dias típicos de inverno e verão as orientações de aberturas e fachadas cegas do módulo padrão adotadas são apresentadas nas figuras 5 e 6.

[1] Fração absorvida quando a radiação incide sobre uma superfície. Determinado pela cor da face externa da vedação, sendo que quanto mais escura a cor, maior a absortância e quanto mais clara, menor a absortância.

[2] Estes podem não ser os dias mais quente e mais frio do ano, porém são indicativos dos inícios das estações em questão.

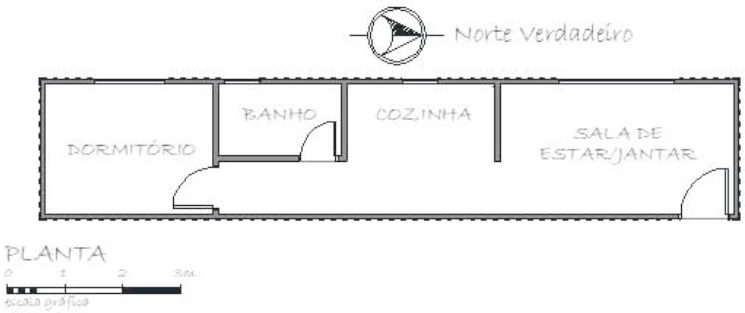


Figura 5 – Planta do módulo habitacional padrão com orientação. Dia típico de Verão (22/12).

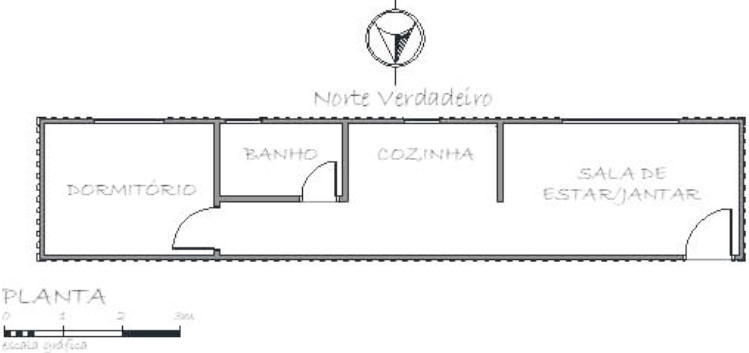


Figura 6 – Planta do módulo habitacional padrão com orientação. Dia típico de Inverno (22/06).

Por fim, os critérios de desempenho apresentados pela NBR 15575 (ABNT, 2013) para as simulações são que, no inverno, a temperatura mínima interna seja igual a temperatura mínima externa acrescida de 3°C e, no verão, a temperatura máxima interna seja igual ou inferior à temperatura máxima externa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

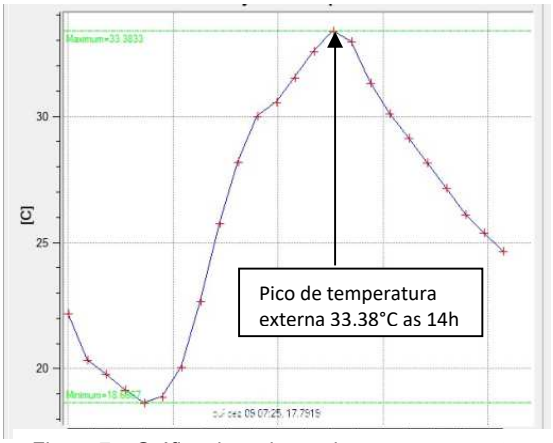


Figura 7 – Gráfico de variação de temperatura externa em 24 horas. Dia típico de verão (22/12).

A Transmitância Térmica da vedação vertical (0,50 W/m²K) atende o indicador apresentado pela NBR 15220 (ABNT, 2005). Em adição, o uso de material isolante térmico compromete a inércia térmica, pois pressupõe que o calor não passe de uma face para a outra da vedação. Isto pode se constituir em problema para a região bioclimática de São Paulo, pois, não havendo esta passagem do calor, não se perde o calor gerado no interior da edificação no período quente do verão. Nesse caso, é necessário o uso de ar condicionado. Isto fica evidente nas simulações no software *Energyplus,* que demonstra que a máxima temperatura do ar no interior do dormitório simulado fica superior ao pico de temperatura do ar exterior no dia típico de verão (figuras 7 e 8).

Digno de nota que, para as condições de inverno, a simulação demonstra que fica atendido o indicador de desempenho indicado na NBR 15575 (ABNT, 2013), pois a temperatura do ar mínima no interior do dormitório ficou 4,49°C acima da temperatura do ar mínima do ambiente exterior (8,58°C no exterior e 12,97°C no interior).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dada a alta condutibilidade térmica[3] do metal que compõe a envoltória dos containers, é imprescindível que sejam adotadas medidas para aumentar a resistência das vedações verticais à passagem do calor. A solução possível e mais utilizada é a utilização de materiais isolantes térmicos na face interior da vedação, como determinado neste trabalho. No entanto, esta solução impacta em outros campos de desempenho do edifício.

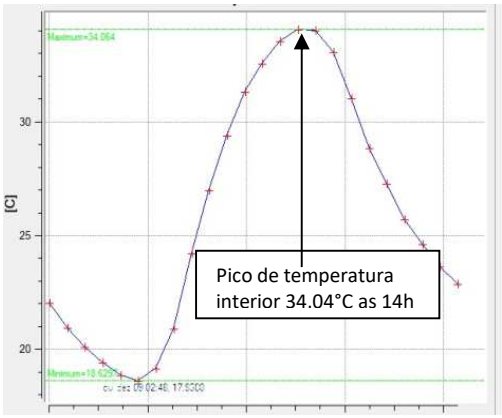


Figura 8 – Gráfico de variação de temperatura interna de verão (22/12).

Primeiramente, pode ser citado que, como demonstrado nas simulações, e informado por Frota e Schiffer (2005), "isolamento térmico" não é uma estratégia adequada para a condição quente e úmida, predominante no verão da cidade de São Paulo (MENDONÇA, DANI-OLIVEIRA, 2007). Nessa condição, por motivos já expostos, é imperativo o uso de ar aumentando o consumo energético da edificação. Isto compromete aspectos relativos à Sustentabilidade, pois o aumento no consumo energético na edificação, demanda novas fontes de geração de energia elétrica que afetam sobremaneira o ambiente natural (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997).

Também, existem materiais isolantes térmicos que não propagam chama e fumaça, como a lã de vidro e lã de rocha. Porém, igualmente são utilizadas nos containers as espumas de poliuretano que, além de propagarem chama, emitem fumaça tóxica quando queimadas (SANTOS e STRUCK, 2013). É premente, então, regulações para evitar o uso destas espumas, visto que, ficando elas em contato com equipamentos elétricos que passam nas vedações, aumentam o risco da ocorrência de incêndio.

Por fim, com base nos resultados obtidos verificou-se que, não obstante o módulo ter potencialidades para o uso como habitação, ajustes são necessários para tal que impactam diretamente em itens como Sustentabilidade e Segurança contra Incêndio. Em adição, outros requisitos de desempenho precisam ser considerados, como durabilidade, desempenho acústico, estanqueidade à água, pé direito mínimo etc.

4 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR-15220**:** Desempenho térmico dos ambientes - Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR-15575**:** Edificações habitacionais - Desempenho - Rio de Janeiro, 2013.

DUTRA, A. S.; BOFF, U.; MARQUES, A. S.; SCHAEFFER, L. Estudo analisa o uso aços estruturais resistentes à corrosão atmosféricas. Revista Corte e Conformação de Metais. São Paulo. Editora Aranda. Ano VIII. N. 8. Jan. 93

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli. Manual de Conforto Térmico. São Paulo: EDUSP, 2005.

KEELER, M. ; BURKE, B. Fundamentos de Projeto de edificações sustentáveis. Porto Alegre: Bookman. 2010.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. São Paulo: PW editores, 1997.

MADAZIO, Vinícius Leandro; BERNINI, Carina Inserra; SAMORA, Paola Rodrigues; FERNANDES, Patricia Barbosa; AZEVEDO, Tarik Resende de. Avaliação de Conforto Térmico de uma escola de lata. Geo UERJ Revista do Departamento de Geografia. N.1 (jan. 1997) – Rio de Janeiro: UERJ, Departamento de Geografia, 1997.

MENDONÇA, Francisco; DANI-OLIVEIRA, Inês Moresco. Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil. São Paulo. Oficina de textos, 2007.

SANTOS, Juliana; STRUCK, Jean Phillip. Poliuretano, um dos vilões do incêndio em Santa Maria. Revista Veja online. São Paulo, Publicado em 29 jan 2013. Disponível em https://veja.abril.com.br/ciencia/poliuretano-um-dos-viloes-do-incendio-em-santa-maria/ acessado em 25/02/2018

[3] Apresentado pela NBR 15220 (ABNT, 2002) é a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma camada de espessura desse material, quando existe uma diferença de temperatura entre as duas faces.