XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO TERMICO APLICADO EM CONTÊINER PADRÃO ISO EM PALMAS-TO

Cleyner Felipe Jácome Mesquita (1); Lorena D´Arc Tork da Silva (2)
(1) Engenheiro Civil, cleynerfelipej@hotmail.com, Centro Universitário Luterano de Palmas
(2) Mestre, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, lorenatork@gmail.com, Centro Universitário Luterano de Palmas, Laboratório de Conforto Acústico, Térmico e Lumínico (LACALT), Palmas- TO, Tel.: (63) 3219-8088

RESUMO
O uso de contêiner na construção civil vem crescendo exponencialmente no Brasil, devido a fatores econômicos e ambientais. A cidade de Palmas, capital do estado do Tocantins, possui alta média anual de temperatura do ar e esta condição pode ser um fator limitante para a adoção de contêiner na cidade. Por isso, se faz necessário investigar materiais que possam apresentar um desempenho satisfatório para isolamento térmico de contêineres e a efetiva aplicação desse material no mercado habitacional. O objetivo do artigo foi investigar o comportamento de três materiais de diferentes características, atuando no isolamento térmico de um contêiner marítimo, instalado em uma área descampada da região sul da cidade. Dentre os isolantes, testou-se a Manta Térmica de Alumínio, Placas OSB e Lã de Vidro. Os materiais foram instalados no interior do contêiner em dias distintos e posteriormente foram feitas as aferições por meio do uso da estação óptica de HOBO (*Pendant Coupler*). Pelas aferições e análise dos dados, ficou demonstrado que as placas OSB apresentam melhor desempenho térmico do que os outros materiais aplicados.
Palavras-chave: Desempenho térmico. Contêiner. Isolamento térmico.

ABSTRACT
The use of containers in the civil construction has been growing exponentially in Brazil, because of the economic and environmental factors. The city of Palmas, capital of the state of Tocantins, has a high annual average air temperature and this condition can be a limiting factor for the adoption of a container in the city. Therefore, it is necessary to investigate materials that can present a satisfactory performance for thermal insulation of containers and the effective application of this material in the housing market. The objective of the research was to investigate the behavior of three materials of different characteristics, acting in the thermal insulation of a marine container, installed in an open area of uncovered the southern region of the city. Among the insulators, it was tested the Aluminum Thermal Blanket, OSB Plates and Glass Wool. The materials were installed inside the container on different days and later the measurements were made through the use of the HOBO (Pendant Coupler) optical station. By the measurements and analysis of the data, it was demonstrated that the OSB boards present better thermal performance than the other applied materials.
Keywords: Thermal performance. Container. Thermal insulation.

1. INTRODUÇÃO

O contêiner é o meio de acomodação de carga em recipiente mais empregado no transporte mundial de mercadorias. A estimativa é de que se tenha em operação no mundo, algo em torno de 20 milhões de contêineres, em plenas condições de atividade, representando aproximadamente 95% de tudo que é movimentado no comercial mundial, considerando todos os modais de transporte existente (GARRIDO, 2015).

Na atualidade, seu emprego é regido por uma série de normas regulamentadoras e suas dimensões são padronizadas internacionalmente pelo sistema ISO *(International Standards Organization)*, abrangendo os elementos necessários ao processo operacional de carga e descarga em todos as etapas da cadeia logística a qual o container está inserido (LOPES; BELTRAME; BELTANI, 2013). A padronização internacional da ISO *(International Standards Organization)* foi o modelo adotado pela legislação brasileira para a homologação do uso de contêineres no transporte de cargas, seguindo suas especificidades e características construtivas, passando por atualização periódicas, visando a readequação em face da modernização do aparato técnico logístico que envolve toda a cadeia multimodal de transporte.

Garrido (2015) descreve o contêiner como sendo uma caixa arquitetada e estruturada em metais resistentes, como o alumínio ou aço, ou em material sintético como a fibra, tendo sido criado primeiramente para o transporte de mercadorias e estruturalmente reforçado para garantir sua resistência e durabilidade, já que seu uso é constante e em condições climáticas extremas e oscilantes. Desde sua concepção, o contêiner foi originalmente pensado como invólucro para o transporte de cargas diversas e com o passar do tempo passou a ser utilizado como módulo espacial para ambientes de uso humano. O uso de contêineres recondicionados na construção civil é uma técnica construtiva relativamente recente, com pouca difusão no setor habitacional brasileiro, porém com exemplos já bem-sucedidos em vários países. Este sistema apresenta um enorme potencial no campo da construção sustentável, provido pela reciclagem de contêineres usados (GARRIDO, 2015).

Segundo Milaneze et al (2012), os aspectos normativos para o projeto estrutural devem ser rigorosamente aplicados para que a segurança e bem-estar dos ocupantes sejam resguardados, especialmente nos casos em que a finalidade é a habitação. Quanto a essa questão, estudos específicos precisam ser realizados para se verificar a viabilidade do emprego dos contêineres marítimos com a finalidade de abrigar pessoas em diferentes situações de rotina diária, seja como moradia ou ambiente de trabalho, recorrendo-se para isso de análise do desempenho térmico desse material através da NBR 15575 (2013).

Conforme descrito na NBR 15575 (2013), as edificações devem apresentar um grupo de características que sejam responsivas aos aspectos inerentes do desempenho térmico, considerando para isso a zona bioclimática na qual a edificação será inserida, aferida segundo as condições naturais da edificação (LAMBERTS, 2014). NBR 15575 (2013) explica que os parâmetros adotados pela norma quanto ao desempenho térmico, estabelecem duas metodologias de avaliação, sendo modelo simplificado, que é normativo e documental e avalia o cumprimento das especificações e diretrizes para os sistemas de vedação e cobertura da edificação. E a segunda denominação de medição *in loco*, que apresenta como base de fundamentação a verificação do atendimento dos requisitos e critérios, realizado por meio de medições realizadas com a obra (ou protótipo) já concluída. Além disso, estabelece requisitos e fatores a serem observados no desempenho térmico de edificações com até cinco pavimentos, avaliando a transmitância térmica em níveis de desempenho.

Além disso, outra particularidade do artigo é que os contêineres analisados estão localizados na cidade de Palmas-TO, que apresenta média de temperatura anual elevada em todas as estações do ano com latitude 10°10’01’’ sul e longitude 48°19’59’’. O clima da capital é predominantemente tropical, com duas estações distintas, que são o período de seca de abril a setembro e chuvoso de outubro a março, com índices de pluviosidade mais altos no verão e chuvas escassas no inverno. A temperatura média anual da cidade é 26.7 °C e seu índice pluviométrico médio anual é de 1760 mm. No decorrer do ano as temperaturas médias variam em até 2.1°C. Historicamente, o mês de setembro é o que apresenta a média mais alta (28.0°C), e o mês de junho com 25.9 °C apresenta a menor média mensal (FREITAS et al., 2010). A média mensal de umidade relativa do ar mais baixa é registrada no mês de julho com precipitação na casa de 1 mm. Durante o mês de janeiro a média de precipitação é de 296 mm, sendo então o mês com maior média de precipitação, e por isso com maior umidade relativa mensal.

O interesse em analisar o emprego desse material nessa cidade, se deve pela disponibilidade e demanda existente de aplicação de contêineres em uso habitacional ou ambiente de trabalho.

2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo comparar o desempenho térmico do uso de contêineres em Palmas-TO com aplicação de diferentes materiais para isolamento térmico, conforme NBR 15575 (2013).

3. MÉTODO

Para a execução dos procedimentos recomendados pela NBR 15575 (2013) foram realizados experimentos *in loco* simulando em escala real, o desempenho térmico no contêiner através do emprego de três tipos de materiais isolantes, foram eles Manta Térmica de alumínio, a lã de vidro e placas OSB (*Oriented Strand Board*).

3.1. Procedimentos para medição no contêiner

As aferições foram realizadas entre os dias 24 de outubro e 05 de novembro de 2017. Os registros de temperatura externa e interna do contêiner se deram de hora em hora no intervalo de 72 horas consecutivas, para que fossem coletadas as variações de temperatura no ambiente interno do contêiner e posterior comparação com a temperatura externa equivalente, ou seja, a temperatura aferida fora do contêiner simultaneamente à temperatura interna aferida.

Foi utilizado a Estação base USB óptica HOBO do tipo pendente e o acoplador óptico (*Pendant Couple*) (figura 1) para as medições. A estação base e o acoplador de suspensão se comunicam via infravermelho óptico, com imediato lançamento e leitura dos dados registrados. A Estação Base foi ligada via USB ao computador, enquanto o Acoplador repassa os dados do registrador para a Estação Base. Este apresenta as seguinte descrição: ± 1º C precisão; Capacidade de armazenamento de 16000 pontos de dados; Intervalo de gravação variável 10 segundos - 24 horas; Alta resistência térmica interna; Duração da bateria potencialmente superior a um ano, conforme o intervalo de gravação usado.



Figura 1 - Estação base USB óptica HOBO e *Pendant Couple* (AUTOR, 2019).

O contêiner utilizado, segue o padrão mundial de elemento de transporte marítimo e tem as seguintes dimensões em milímetros (mm) especificados na tabela 1, a seguir:

Tabela 1 - Dimensões do contêiner padrão mundial 20”

	Comprimento	**Largura**	**Altura**
Medida Externa	6.058	2.438	2.591
Medida Interna	5.910	2.340	2.388
Entrada	-	2.346	2.282

O contêiner (figura 2) utilizado no estudo foi alocado em uma área pública municipal na quadra 812 sul, com localização na coordenadas 10º14’10.79” de latitude Sul e 48º18’50.59” de longitude Oeste, e cota de altitude de 245 metros, em terreno descampado sem proteção vegetal ou qualquer tipo de cobertura ou estrutura que sombreasse o protótipo. O contêiner utilizado na pesquisa estava em perfeitas condições de uso, sem apresentar ferrugens ou qualquer tipo de patologia em sua estrutura, além disso possui abertura para ventilação, mas essas não foram abertas para o estudo.



Figura 2 - Contêiner posicionado no local de estudo (AUTOR, 2019).

O local escolhido para a locação do contêiner não apresenta sombreamento durante o dia, nem qualquer edificação nas proximidades que pudesse interferir na incidência solar e demais elementos climáticos. Inicialmente foram aferidas as temperaturas externas e internas do contêiner, estacionado em área aberta, sem nenhum material isolante por um período de 72 horas. Em seguida foi instalada a manta térmica de alumínio e novamente feita a aferição por 72 horas. O processo se repetiu com a instalação das placas OSB e Lã de Vidro, que também passaram pelo processo de medição de temperatura pelo mesmo período de 72 horas consecutivas, com equipamento de aferição de temperatura interna instalado a 1,2 metro de altura na região central do contêiner (ISSO 7726, 1998). Não foi aplicado nenhum tipo de isolante no teto do contêiner.

3.2. Aplicação e descrição dos isolantes utilizados no contêiner

- Manta térmica de Alumínio: Foram utilizados 42 m² de Manta Térmica de Alumínio de Subcobertura, que tem em sua composição uma entrelaçado de fibra com fios de vidro em malha de reforço, aglutinados com material polímero especial, e revestido em dupla face com alumínio. A principal vantagem desse material é a maior estabilidade dimensional quando submetido a temperaturas elevadas, maior tempo e vida útil e facilidade de instalação e manutenção.

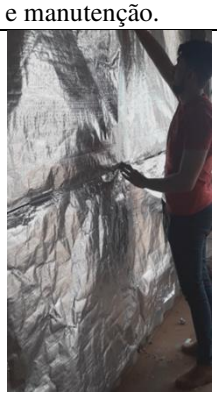

Figura 3 – Instalação da Manta Térmica de Alumínio (AUTORES, 2019).

- Placas OSB (*Oriented Strand Board*): Foram utilizadas 12 placas OSB distribuídas em alinhamento. O OSB é uma placa composta por tiras de madeira de reflorestamento prensadas e organizadas na mesma direção. A figura ilustra as placas de OSB e o equipamento de aferição posicionado para a coleta dos dados. As placas OSB foram posicionadas na vertical, de forma que a instalação os ajustes e a retirada fossem facilitadas.



Figura 4 – Instalação das placas de OSB (AUTORES, 2019).

- Lã de vidro: Para a aferição da temperatura com a Lã de vidro foram instalados 42 m² do material. A lã de vidro é um componente fabricado em alto forno a partir de sílica e sódio, aglomerados por resinas sintéticas, desenvolvidas especificamente para melhorar o isolamento termo acústico do edifício.



Figura 5 – Contêiner com Lã de Vidro (AUTORES, 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Temperaturas sem aplicação de isolante térmico

A tabela 2, apresenta os dados relativos a aferição de temperatura externa e interna do contêiner sem a instalação de material isolante, medidos no dia 24, 25, 26 e 27 de outubro, sob condição de céu limpo. Através da medição de temperatura no ambiente interno, sem a aplicação de elemento isolante térmico, a temperatura interna é praticamente igual a temperatura externa, tanto no início do dia quanto no meio do dia. A temperaturas máximas registradas aconteceram sempre às 15:00h e oscilaram entre 38° a 40°C, tanto

internamente quanto externamente. As menores temperaturas registadas interna e externamente aconteceram as 05:00h com oscilação de entre 26 e 27°C. Dessa forma, percebe-se que o material do contêiner entrava em equilíbrio térmico com o meio externo. Isto significa que sem a instalação dos materiais de isolamento térmico do ambiente interno, o uso do espaço por pessoas é totalmente inviável durante parte do dia.

Tabela 2 – Temperaturas no contêiner sem aplicação do isolamento térmico (AUTORES, 2019).

Data	Hora	Temp. Interna (°C)	Temp. Externa (°C)
24/10/17	15:00h	40,24	40,04
25/10/17	05:00h	26,55	26,97
25/10/17	15:00h	38,62	40,01
26/10/17	05:00h	27,11	27,76
26/10/17	15:00h	39,48	40,13
27/10/17	05:00h	26,84	26,77

4.2. Temperaturas com aplicação da manta térmica de alumínio

Na tabela 3, são expostos os dados relativos as temperaturas do ar interna e externa medidos entre os dias 27, 28, 29 e 30 de outubro, após instalação da Manta Térmica de Alumínio como elemento de isolamento térmico. O ambiente interno do contêiner se manteve com a temperatura acima da temperatura externa em todos os registros, demonstrando que a Manta Térmica de Alumínio apresenta desempenho térmico inferior ao indicado pela NBR 15575. Os maiores valores de temperatura foram registrados as 15:00h com temperatura interna chegando a 41°C, enquanto a externa apresentava-se com 37°C, apontando uma amplitude térmica de 4°C. Pode-se concluir que a manta térmica tende a gerar maior retenção de carga térmica ao ambiente interno do que se não existisse a aplicação desse material. A aplicação da manta gerou um aumento médio de 3°C na temperatura interna do contêiner.

Tabela 3 – Temperaturas no contêiner com aplicação de manta térmica (AUTORES, 2019).

Data	Hora	Temp. Interna (°C)	Temp. Externa (°C)
27/10/17	15:00h	41,39	36,95
28/10/17	05:00h	27,66	24,70
28/10/17	15:00h	41,66	37,20
29/10/17	05:00h	29,82	26,63
29/10/17	15:00h	42,82	39,13
30/10/17	05:00h	30,31	27,06

4.3 Temperaturas com aplicação das Placas OSB

A tabela 04 representa os valores obtidos com a aferição da temperatura no ambiente interno do contêiner após a instalação das placas OSB, e paralelamente a aferição do ambiente externo. As placas OSB apresentaram melhor desempenho térmico do que a manta térmica de alumínio. Com esse material, a diferença de temperatura entre o ambiente interno e o externo foi de até 6° C. As temperaturas internas medidas as 05:00h mantiveram-se em torno de 24°C, enquanto as temperaturas externas ficaram na média de 28°C. E no período da tarde, 15:00h, mesmo registrando-se cerca de 40°C externamente, as temperaturas internas mantiveram em torno de 34°C, ou seja, o material colaborou para que as temperaturas internas fossem sempre menores que as externas em aproximadamente 6°C.

Tabela 4 – Temperaturas no contêiner com aplicação de Placas OSB (AUTORES, 2019).

Data	Hora	Temp. Interna (°C)	Temp. Externa (°C)
31/10/17	05:00h	23,14	27,23
31/10/17	15:00h	33,52	39,43
01/11/17	05:00h	24,56	28,90
01/11/17	15:00h	34,97	41,14
02/11/17	05:00h	24,41	28,72
02/11/17	15:00h	34,25	40,29

4.4 Temperaturas com aplicação de Lã de Vidro

Nas medições realizadas com a utilização da lã de vidro, as faixas de temperatura apresentaram comportamente similar as placas OSB. As médias de temperaturas internas durante a manhã ficaram em torno de 24°C, enquanto as externas foram registradas em média de 27°C (tabela 5). Quanto as medições as 15:00h, a temperatura interna média ficou em 35°C, por outro lado as temperaturas externas registradas ficaram na faixa de 40°C. Dessa forma, esse material isolante contribui para a redução das temperaturas internas em torno de 3°C.

Tabela 5 – Temperaturas no contêiner com aplicação de Lã de vidro (AUTORES, 2019).

Data	Hora	Temp. Interna (°C)	Temp. Externa (°C)
03/11/17	05:00h	24,86	27,85

03/11/17	15:00h	32,16	36,02
04/11/17	05:00h	23,56	26,39
04/11/17	15:00h	35,82	40,12
05/11/17	05:00h	26,19	29,33
05/11/17	15:00h	38,15	42,73

De acordo com o critério de classificação de desempenho térmico da NBR 15575/2013, a manta térmica foi o único isolante aplicado que não apresentou nivel adequado de desempenho, visto que as temperaturas internas máximas foram sempre superiores em pelo o menos 3°C que as medidas externamente. Os materiais que apresentaram desempenho superior foram a placa OSB e a lã de rocha. A placa OSB apresentou cerca de 6°C de diferença entre a temperatura interna máxima e a temperatura externa máxima registrada durante o pico de temperatura máxima, registrada às 15hs. Pode-se afirmar que dentro os dois mateirais, a placa OSB foi a que apresentou melhor desempenho do que a lã de rocha.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme visto na literatura, em decorrência da sua forma e material, os contêineres podem ser facilmente modificados para atender a qualquer propósito. O emprego desse material como alternativa para construção de habitações se tornou uma realidade recente no Brasil, tendo em vista que já vem sendo amplamente adotado por outros países há mais tempo. O grande fator de limitação para a adoção de contêineres adaptados como moradia são as altas temperaturas registradas em países dos trópicos, em especial na região norte do país.

Conforme investigado na pesquisa, a Manta Térmica de Alumínio apresentou desempenho muito baixo, chegando em alguns momentos a registrar temperaturas internas maiores do que as externas no meio da tarde. Por outro lado, as Placas OSB (*Oriented Strand Board*) e Lã de Vidro apresentaram desempenho superior conforme avaliação pela norma. E ainda pode-se afirmar que as Placas OSB conseguiram reduzir em 7°C a temperatura interna quando comparado a externa. Já a lã de vidro, mesmo tendo apresentado desempenho superior pela análise da norma, conseguiu reduzir apenas 3°C da temperatura interna.

Entretanto, apesar dos materiais isolantes investigados, lã de rocha e placa OSB, terem apresentado desempenho superior conforme avaliação da norma, é válido ressaltar que mesmo com as reduções de temperaturas alcançadas e a análise positiva da NBR, cabe questionar-se se esses materiais são suficientes para efetivamente promover conforto térmico aos seus usuários, visto que as temperaturas mais baixas registradas internamente oscilaram entre 32°C a 38°C. Como sugestão, é importante verificar em estudos futuros, o comportamento térmico do contêiner quando aplicado isolamento interno em seu forro, visto que este não foi inserido nos cenários investigados e pode ser um meio de ganho térmico significativo. Além disso, é interessante analisar os efeitos de sombreamento na redução da temperatura interna, assim como as implicações de pinturas claras nas faces externas do contêiner.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575-2013. Norma de Desempenho - Conforto Térmico.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

FREITAS, A. O.; TAVARES, S. G; SANTOS, R. S.; OLIVEIRA, M. C.A. Estudos bioclimáticos e tecnologias para elaboração de projeto arquitetônico em Palmas (TO). In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 13., 2010, Canela. **Anais...** Canela: ANTAC, 2010.

GARRIDO, Louis De. **Arquitetura Sustentável para Contêineres.** São Paulo: Ed. Morisa, 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726**: ergonomics: instruments for measuring physical quantities. Genève: ISO, 1998.

LAMBERTS, Roberto. **Desempenho térmico de edificações.** Departamento de Engenharia Civil. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis: UFSC, 2014.

LOPES, Elisangela dos Santos; BELTRAME, Márcia Helena; BELTANI, Juliano Munhoz. **A importância do contêiner na logística.** Curso de Tecnologia em Logística da Faculdade de Tecnologia de Lins Prof. Antônio Seabra – Fatec. Lins – SP: 2013.

MILANEZE, Giovana Leticia Schindler; BIELSHOWSKY, Bernardo Brasil; BITTENCOURT, Luis Felipe; SILVA, Ricardo da; MACHADO, Lucas Tiscoski. A utilização de containers como alternativa de habitação social no município de criciúma/SC. **Rev. Técnico Científica (IFSC),** v. 3, n. 1. 2012.