

SUBMETIDO 17/05/2022

APROVADO 14/09/2022

PUBLICADO ON-LINE 20/09/2022

PUBLICADO 10/04/2024

EDITORA ASSOCIADA


Ana Laura de Freitas Rosas Brito

DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2022id6909>


ARTIGO ORIGINAL

Avaliação do comportamento térmico e acústico de contêineres utilizados como edificações no canteiro de obras

 Luiza Duarte de Freitas ^{[1]*}

 Thomás Miranda
Guzella Oliveira ^[2]

 Adriano Pinto Gomes ^[3]

 Rovadavia Aline de
Jesus Ribas ^[4]

 Carmem Miranda Lage ^[5]

 Clécio Magalhães do Vale ^[6]

[1] luiza.freitas@aluno.ufop.edu.br

[2] thomas@unibloco.com

[4] roviadavia@ufop.edu.br

[6] clecio@ufop.edu.br

Universidade Federal de Ouro
Preto (UFOP), Brasil

[3] adriano.gomes@ifmg.edu.br

Instituto Federal de Minas
Gerais (IFMG), Brasil

[5] carmem.lage@ufs.edu.br

Universidade Federal de São João
del-Rei (UFS), Brasil

RESUMO: No Brasil, a tecnologia do contêiner como sistema de construção possui o uso preservado em canteiros de obras, como escritórios, almoxarifado e estocagem de materiais e ferramentas. No entanto, observam-se poucos trabalhos de abordagens experimentais focadas na análise do comportamento térmico e acústico de contêineres usados como edificações. Desse modo, o objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento térmico e acústico de contêineres utilizados como área de apoio em canteiros de obra, realizando medições das variáveis térmicas e acústicas *in loco*. Por meio de uma pesquisa empírica, foram analisados três contêineres de 20 pés (dimensões externas de 2,438 m de largura × 2,591 m de altura × 6,058 m de comprimento), situados na zona bioclimática 3, adaptados como escritório, com banheiro e depósito de materiais, no canteiro de obras. As variáveis térmicas “temperatura do ar” e “temperatura superficial dos fechamentos verticais” e os níveis de pressão sonora internos e externos foram obtidos por meio de medições *in loco* baseadas em normas nacionais. Os resultados obtidos permitem concluir que, em relação ao desempenho térmico, o uso de revestimento interno com camada de lã de vidro nas paredes e na cobertura implica em uma variação significativa entre a temperatura máxima interna e a externa. Mas vale ressaltar que, em condições de infiltração de ar na edificação, essa estratégia não é capaz de garantir desempenho térmico adequado para a zona bioclimática 3, sendo necessário algum tipo de sistema de condicionamento artificial. Já a composição dos fechamentos com camada isolante proporciona qualidade acústica ao ambiente, mantendo os níveis de pressão sonora abaixo de valores limites especificados pelas normas nacionais.

Palavras-chave: contêineres; desempenho acústico; desempenho térmico; medições *in loco*.

*Autor para correspondência.

Thermal and acoustic performance evaluation of containers used as buildings on the construction site

ABSTRACT: *In Brazil, container technology as a construction system is widely used in construction sites such as offices, warehouses and material and tool storage. However, there are few works of experimental approaches focused on the analysis of the thermal and acoustic behavior of container buildings. Thus, the objective of this work is to evaluate the thermal and acoustic behavior of containers used as a support area in construction sites through on-site measurements of thermal and acoustic variables. Through empirical research, three 20-foot containers were analyzed (external dimensions of 2,438 m wide × 2,591 m high × 6,058 m long), located in bioclimatic zone 3, adapted as an office with a bathroom and storage of materials in the construction site. Thermal variables, air temperature and surface temperature of vertical enclosures, and internal and external sound pressure levels were obtained through on-site measurements based on national standards. The results obtained allow us to conclude that, concerning thermal performance, the use of an internal coating in closures with a glass wool layer implies a significant variation between the maximum internal and external temperature. However, it is noteworthy that, in conditions of air infiltration in the building, this strategy is not able to guarantee adequate thermal performance for the bioclimatic zone 3, requiring some kind of artificial conditioning system. On the other hand, the composition of the closures with an insulating layer provides the acoustic quality of the environment, keeping the sound pressure levels below the limit values specified by national standards.*

Keywords: *acoustic performance; containers; on-site measurements; thermal performance.*

1 Introdução

Criados pelo norte-americano Malcolm Purcell McLean por volta de 1937, os contêineres somente tiveram seu desenvolvimento para o transporte de mercadoria após a terceira revolução industrial. Com o intuito de proporcionar economia e melhoria nesse sistema, ao final da década de 1960, esses equipamentos passaram por um processo de normatização que lhes conferiu padronização em relação às suas dimensões, à resistência mecânica e a demais propriedades. O Brasil, por exemplo, apenas adotou o sistema de contêineres para transporte após essa standardização (Carbonari, 2015; Marques, 2011).

Os contêineres marítimos, após o período de vida útil de cerca de 10 anos como receptáculo para transporte de cargas, são, em sua grande maioria, descartados nos portos, porque enviá-los de volta ao seu ponto de origem é mais oneroso do que a compra de um novo (Viana; Souza; Gomes, 2019). Nesse contexto, surge a necessidade de se oferecer um destino correto aos contêineres marítimos descartados, uma vez que

estes são produzidos a partir de materiais metálicos e não biodegradáveis, podendo tornar-se um problema ao poluir as cidades portuárias (Milaneze *et al.*, 2012).

O contêiner marítimo, após cumprir sua função de transporte de mercadorias, pode ser reutilizado na construção civil como uma tecnologia alternativa, uma vez que possui particularidades estruturais, dimensões internas e características de um sistema racionalizado favoráveis ao uso arquitetônico. Conforme afirmam Alves, Ferreira e Cavalcante (2019), esse método de construção também ameniza impasses sociais e ambientais ao propiciar a aplicação de valores socialmente corretos e se inserir em um panorama de respeito ao meio ambiente.

Para garantir a potencialidade do contêiner – ou seja, sustentabilidade e economia na construção civil –, suas qualidades e defeitos devem ser avaliados antes de sua aplicação (Romano; Paris; Neuenfeldt Junior, 2014). Segundo Silva (2018), para serem utilizados na construção civil, os contêineres descartados devem passar por um processo de aprovação e legalização, além da descontaminação contra agentes químicos, biológicos e radioativos, recuperação estrutural, licenciamento ambiental e nacionalização.

A reutilização dos contêineres na construção civil teve início na década de 1990 e foi incorporada especialmente na Holanda, Inglaterra e Japão. A finalidade de uso inicial era a aplicação do contêiner em hotéis, escritórios e habitações estudantis, sendo seu uso popularizado e adaptado posteriormente para residências unifamiliares. No Brasil, a tecnologia do contêiner como sistema de construção vem sendo desenvolvida e adaptada visando atender às demandas habitacionais e dinamizar o leque de opções da indústria da construção civil (Souza *et al.*, 2019). Além de ser utilizado como um método de construção residencial, o contêiner ainda possui o uso reservado em canteiros de obras, como escritórios, almoxarifado e estocagem de materiais e ferramentas.

Embora os contêineres possuam capacidade estrutural adequada ao uso como ambiente construído, esses equipamentos necessitam de análises de desempenho de sua envoltória para uso humano. O desempenho térmico e acústico do contêiner pode ser influenciado por diversos fatores, tais como: obstruções no entorno imediato; tipos de materiais de acabamento de paredes, piso e cobertura; tamanho das aberturas; tons das cores do acabamento dos fechamentos externos; decisões de projeto; entre outros. Nesse sentido, faz-se necessário realizar simulações computacionais e/ou análises experimentais de desempenho térmico e acústico dos contêineres adaptados para uso como edificação.

Em função dos assuntos mencionados, o objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento térmico e acústico de contêineres utilizados como área de apoio em canteiros de obra por meio de medições *in loco* das variáveis térmicas e acústicas.

O restante deste artigo está dividido da seguinte maneira: na seção 2 apresentam-se os estudos recentes no Brasil que abordam o desempenho de contêineres adaptados a edificações; na seção 3 são caracterizados os contêineres utilizados na análise e apresentados os métodos para coleta de dados; na seção 4 são apresentados os resultados relacionados a temperatura do ar, temperaturas superficiais e nível sonoro pontual obtidos nos contêineres; e, por fim, na seção 5 são apresentadas as análises conclusivas do estudo e seus possíveis desdobramentos.

2 Referencial teórico

Na última década, a adaptação do contêiner como ambiente construído tem sido pesquisada por diversos autores em estudos nacionais. Entre eles, destaca-se o

trabalho de Buges *et al.* (2014), que analisou o desempenho energético da envoltória de contêineres adaptados como residências para todas as zonas bioclimáticas definidas pela norma ABNT NBR 15220-3 (ABNT, 2005). As zonas bioclimáticas compreendem oito regiões geográficas relativamente homogêneas quanto aos elementos climáticos (ABNT, 2005). Os autores utilizaram o método prescritivo de cálculo do RTQ-R (Regulamento Técnico da Qualidade para Edificações Residenciais) e concluíram que nenhuma avaliação alcançou nível superior a “C” de acordo com os pré-requisitos prescritos pelo RTQ-R.

Já Krebs, Moura e Cunha (2015) realizaram um estudo paramétrico do consumo energético de uma edificação contêiner pertencente à zona bioclimática 3 na cidade de Porto Alegre (RS), conforme a norma ABNT NBR 15220-3 (ABNT, 2005). Os autores concluíram que o investimento na qualificação da envoltória resulta na redução das horas de desconforto e na redução do consumo energético anual.

Investigando aspectos de construção na reutilização de contêineres ISO, Carbonari e Barth (2015) avaliaram três edificações comerciais na região Sul do Brasil. Os autores observaram que as aberturas para portas e janelas são necessárias para melhorar o desempenho térmico dos contêineres, devendo ser realizadas em fábricas, preferencialmente.

Trabalhos mais recentes de simulação computacional consideraram um projeto modelo de casa contêiner. É o caso do trabalho de Viana, Souza e Gomes (2019), que realizaram uma análise para obter as melhores opções de construção que propiciem desempenho térmico adequado em casas contêiner. Aqueles autores realizaram simulações computacionais no programa EnergyPlus, comparando os resultados na análise das zonas bioclimáticas brasileiras 2, 3 e 8. Os autores concluíram que o sistema de construção de casas contêiner pode ser utilizado nas três zonas bioclimáticas analisadas para se obter uma edificação com desempenho térmico adequado, desde que sejam aplicadas estratégias para reduzir a influência das temperaturas externas no ambiente interno.

Nessa mesma abordagem, destaca-se o trabalho de Caldas, Abreu-Harbach e Hora (2020), que avaliaram a eficiência energética e o ciclo de vida de um contêiner de carga tipo ISO de aço *High Cube* (40'), adaptado para atividade de escritório, por meio de simulações termoenergéticas no software DesignBuilder. Os autores concluíram que o fechamento vertical em sistema Drywall e isolante térmico em lã de rocha de 50 mm foi o mais vantajoso nas categorias de impacto ambiental para as zonas bioclimáticas: São Paulo (ZB3), Brasília (ZB4), Teresina (ZB7) e Rio de Janeiro (ZB8).

Por meio da revisão de literatura realizada em trabalhos acadêmicos, periódicos e eventos acadêmicos nacionais, observa-se que os estudos recentes no Brasil são poucos e estão focados em simulações termoenergéticas – avaliações do desempenho térmico por simulação computacional e desenvolvimento de projeto. Entre os poucos estudos experimentais, nenhuma das pesquisas focou na análise do comportamento térmico e acústico do contêiner por meio de medições *in loco*. As abordagens experimentais nesses trabalhos se restringiram a levantamentos de documentação e entrevistas.

3 Método da pesquisa

Neste trabalho foram analisados três contêineres do tipo *Dry* de 20 pés (dimensões externas de 2,438 m de largura × 2,591 m de altura × 6,058 m de comprimento) utilizados em canteiro de obras. Trata-se de uma pesquisa empírica, em que as medições *in loco*

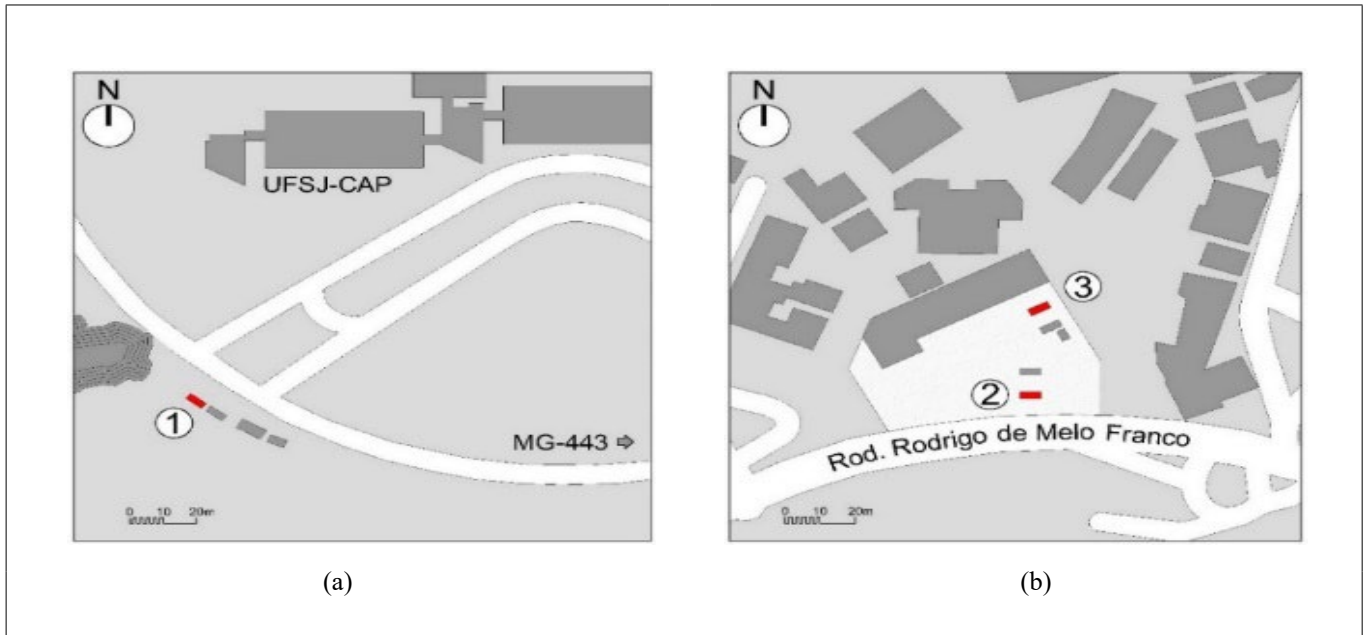
de temperatura do ar seguem as recomendações do “Anexo A”, de caráter informativo, da norma NBR 15575-1 (ABNT, 2013). As medições de temperatura superficial são embasadas no trabalho de Kowalski e Masiero (2020) e as medições do nível de pressão sonora interno e externo são realizadas conforme as normas NBR 10152 (ABNT, 2017) e NBR 10151 (ABNT, 2019).

3.1 Caracterização dos objetos de estudo

Figura 1 ▼

Planta esquemática de situação dos contêineres. (a) Situação do Contêiner 1 (1). (b) Situação do Contêiner 2 (2) e do Contêiner 3 (3).
 Fonte: arquivo dos autores (2021)

O Contêiner 1 está localizado no Campus Alto Paraopeba da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), em Ouro Branco (MG), próximo a uma obra de recuperação de uma voçoroca. O Contêiner 2 e o Contêiner 3 estão situados no depósito da empresa Unibloco Construtora Ltda., em Ouro Preto (MG), próximos à rodovia Rodrigo de Melo Franco (Figura 1). De acordo com o Zoneamento Bioclimático Brasileiro apresentado na norma NBR 15220-3 (ABNT, 2005), ambas as cidades estão contidas na zona bioclimática 3 (ZB3). No Quadro 1, apresentam-se os dados geográficos das cidades consideradas na análise.



Quadro 1 ►

Dados das cidades consideradas na análise.
 Fonte: Cidade Brasil (2021);
 Ouro Preto (2021)

Zona bioclimática	Cidade	Latitude	Longitude	Altitude
3	Ouro Branco/MG	S 20° 31' 2"	W 43° 42' 0"	1033 m
3	Ouro Preto/MG	S 20° 23' 28"	W 43° 30' 20"	1150 m

O Contêiner 1 foi adaptado para ser utilizado como escritório com banheiro em canteiro de obras (Figura 2). Na menor face do contêiner, voltada para o sudeste, as portas originais são mantidas fechadas para compor o fechamento vertical do banheiro. Nessa fachada, o fechamento externo é sombreado parcialmente por outro contêiner

Figura 2 ▼
Contêiner 1. (a) Planta baixa.
(b) Detalhe do fechamento nordeste.
(c) Detalhe do fechamento noroeste.
(d) Vista interna.

Fonte: arquivo dos autores (2021)

situado ao lado. Na face nordeste foram instaladas duas aberturas com vidro comum, de dimensões 100 cm × 66 cm, no espaço destinado ao escritório, e uma janela alta de 50 cm × 40 cm no banheiro. A entrada do escritório na face noroeste é feita por meio da abertura de uma porta constituída pela chapa de aço do contêiner (sem revestimento) com dimensões 92 cm × 206 cm.

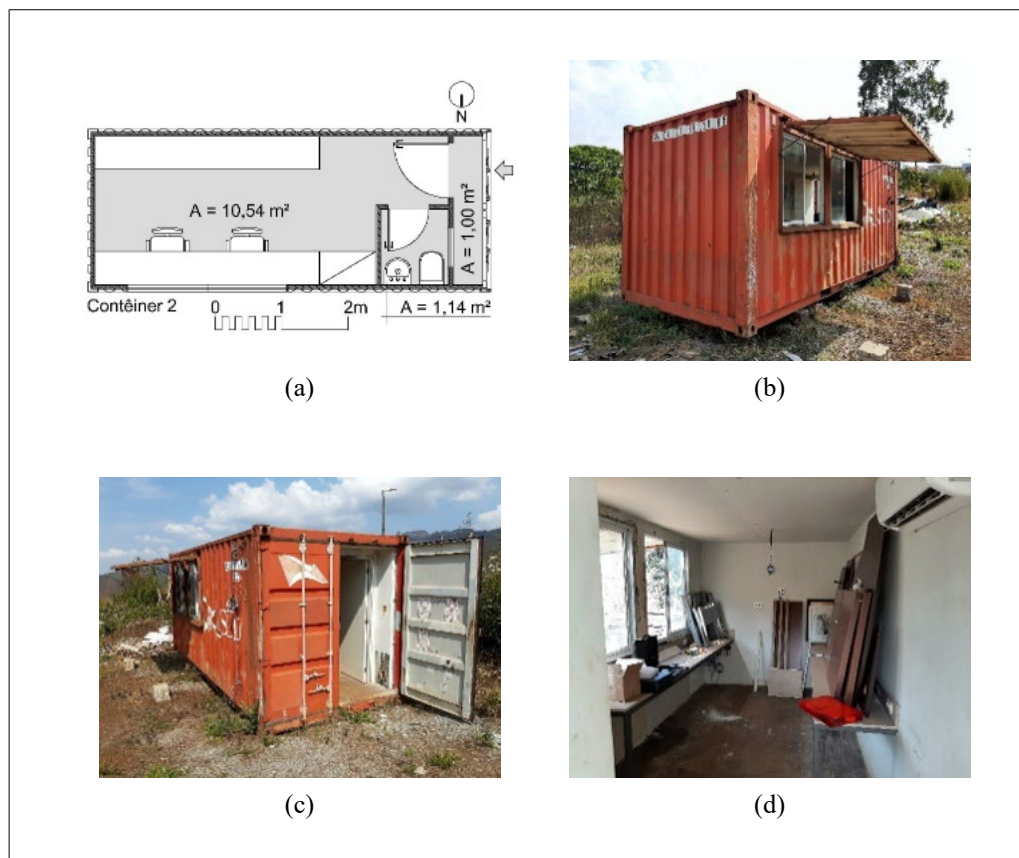


O Contêiner 2 também foi adaptado como escritório de apoio para a construção civil (Figura 3). Na fachada voltada para o norte estão situadas duas aberturas de 120 cm × 120 cm, responsáveis pela ventilação do escritório. As janelas são sombreadas parcialmente por uma placa horizontal constituída pelo próprio fechamento do contêiner. A entrada no escritório é realizada por meio de uma das portas originais do contêiner na fachada oeste. Na entrada, há um pequeno hall de acesso com 45 cm de profundidade, que também é utilizado para acomodar a

unidade condensadora do ar-condicionado. O Contêiner 2 não possui em seu entorno elementos que possam sombrear os fechamentos externos.

Figura 3 ▶

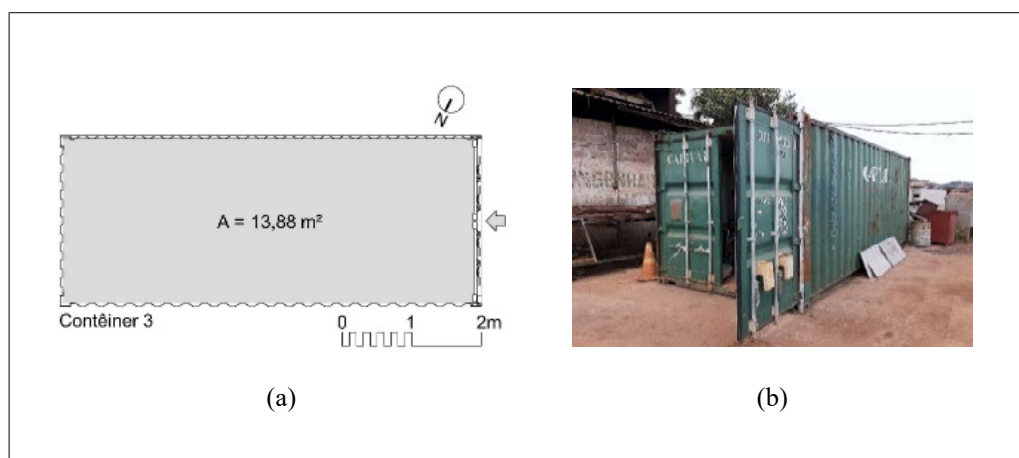
Contêiner 2. (a) Planta baixa.
(b) Detalhe do fechamento norte.
(c) Detalhe do fechamento oeste.
(d) Vista interna.
Fonte: arquivo dos autores (2021)



O Contêiner 3 não passou por nenhuma adaptação, sendo utilizado como depósito de materiais e de ferramentas no canteiro de obras (Figura 4). Em função de sua implantação no momento da análise, a fachada noroeste está sombreada parcialmente por um galpão. Internamente, são mantidos os acabamentos originais do contêiner. Na fachada sudoeste encontram-se as portas originais do contêiner.

Figura 4 ▶

Contêiner 3. (a) Planta baixa.
(b) Vista externa.
Fonte: arquivo dos autores (2021)



Os três contêineres analisados possuem fechamento externo em chapa de aço com 2,6 mm de espessura. A composição dos fechamentos de cada contêiner, incluindo

Quadro 2 ▼

Materiais de composição dos fechamentos.

Fonte: dados da pesquisa (2021)

ou não o revestimento interno, é apresentada no Quadro 2. Neste trabalho, buscou-se analisar três contêineres com diferentes tipos de composição de fechamentos.

Contêiner	Uso	Revestimento da envoltória		
		Paredes	Piso	Cobertura
1	Escritório/ banheiro	Forro de PVC (6 mm)	Compensado naval (30 mm) original	Forro de PVC (6 mm)
2	Escritório/ banheiro	- Lã de vidro (50 mm) - Manta de polietileno expandido (2 mm) - Chapa de gesso acartonado (12,5 mm)	Compensado naval (30 mm) original	- Lã de vidro (50 mm) - Manta de polietileno expandido (2 mm) - Chapa de gesso acartonado (12,5 mm)
3	Depósito	Sem revestimento	Compensado naval (30 mm) original	Sem revestimento

O Contêiner 1 e o Contêiner 3 estão apoiados diretamente sobre o solo, enquanto o Contêiner 2 está apoiado sobre dois dormentes poliméricos, ilustrados na Figura 5.

Figura 5 ►

Detalhe do apoio do Contêiner 2.

Fonte: arquivo dos autores (2021)



3.2 Coleta de dados

No Contêiner 1, as medições foram realizadas no período de 25 a 30 de julho de 2021, em que predominavam as condições do período de inverno. No Contêiner 2 e no Contêiner 3, as medições foram realizadas entre 30 de setembro e 3 de outubro de 2021, na estação primavera. As medições foram realizadas em épocas distintas em função da disponibilidade e das exigências dos proprietários dos contêineres.

As temperaturas do ar e umidades relativas internas e externas foram adquiridas por meio de *dataloggers* de temperatura e umidade, devidamente pré-calibrados e programados para realizarem as medições a cada 60 minutos. Nos três contêineres, internamente, o *datalogger* foi posicionado a uma altura de 120 cm do piso, no centro do ambiente. Externamente, outro *datalogger* de temperatura foi fixado na parede externa de um edifício vizinho, em uma região em que não havia radiação solar direta. Para medição das temperaturas do ar no ambiente interno foi utilizado o instrumento HOBO U12 Data Logger, fabricado pela empresa Onset Computer

Corporation. Esse aparelho possui faixa de medição de temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$; precisão de $+0,35\text{ }^{\circ}\text{C}$ de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$; e tempo de resposta de 90%. Para medição das temperaturas externas, utilizou-se o instrumento HOBO MX2301A Data Logger, também fabricado pela Onset Computer Corporation. Ele possui faixa de medição de temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$; precisão de $+0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$; tempo de resposta de 90% e é indicado para medições em ambientes externos, uma vez que é resistente à umidade.

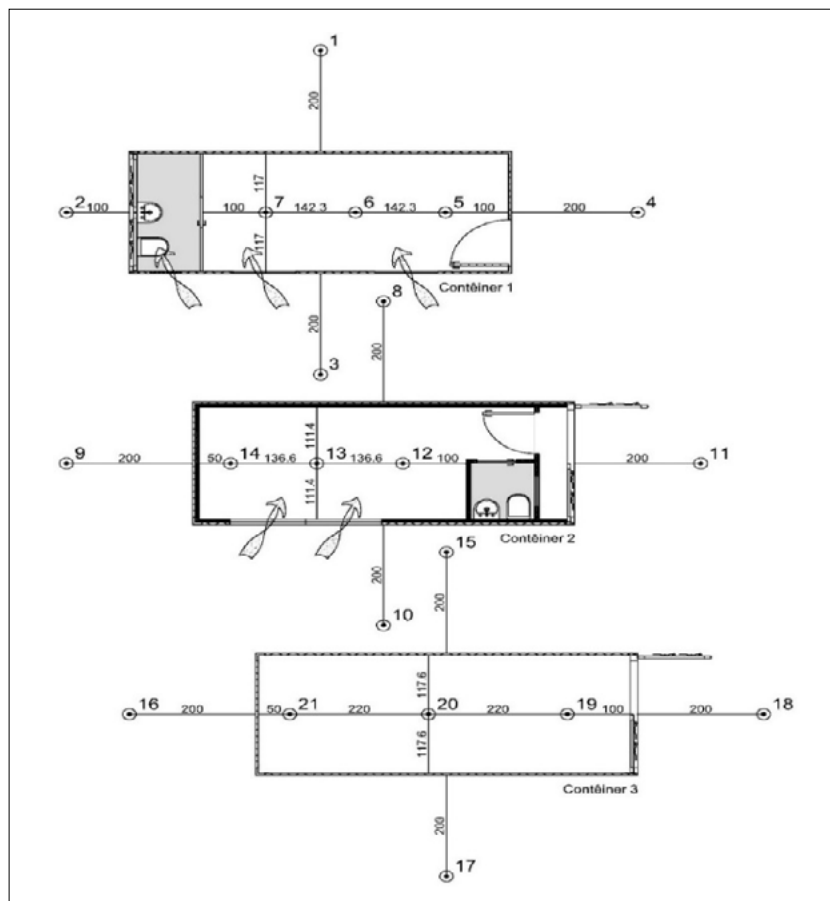
As temperaturas superficiais dos contêineres foram obtidas com dois termopares do tipo k, com leitura simultânea de valores internos e externos. Utilizou-se o aparelho MT-455A da Minipa, que possui precisão de 0,5% de leitura $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ no intervalo de $0\sim 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Os sensores foram protegidos da radiação solar direta com material reflexivo. As leituras foram realizadas na fachada noroeste ou norte, em dia de céu claro.

As medições de nível sonoro pontual foram realizadas com dois aparelhos DEC-490 do fabricante Instrutherm, IEC 61672-1 classe 2, com devida pré-calibração. Esse aparelho possui precisão de $+1,4\text{ dB}$ e ponderação em A e C. Embora o DEC-490 não atenda a todas as exigências da norma NBR 10151 (ABNT, 2019) para uma avaliação detalhada, como neste estudo o método adotado é o simplificado, esse equipamento atende à realização das medições padronizadas.

Os pontos de medição do nível sonoro foram definidos de acordo com a norma NBR 10151 (ABNT, 2019), sendo três pontos internos e quatro externos, totalizando sete medições por contêiner (Figura 6). Para cada ponto, a 120 cm do piso ou do solo, foram registrados os valores medidos para o nível de pressão sonora durante o período de mensuração de 3 minutos em cada ponto. Os níveis de pressão sonora foram registrados a cada 5 s, no modo de compensação A, escala de 30 a 130 dB(A) e ponderação de tempo em *fast*.

Figura 6 ►

Pontos de medição de pressão sonora.
Fonte: arquivo dos autores (2021)



Posteriormente, em cada um desses locais de medição foi realizado o cálculo do nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}), uma vez que o aparelho utilizado não dispõe dessa função. O nível de L_{Aeq} foi calculado de acordo com a Equação 1.

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \quad (1)$$

em que: n é o número total de leituras; L_i é o nível de pressão sonora, em dB(A), adquirido em resposta rápida (*fast*) a cada 5 s, durante o tempo de medição do ruído.

Durante as medições nos ambientes, as rotinas de uso e ocupação foram diferentes nos casos analisados. Nas medições de temperatura do ar, o Contêiner 1 estava em uso como escritório no momento da medição, mas sem ocupação e com as portas e janelas sendo abertas no intervalo das 7 às 17 horas; e os Contêineres 2 e 3 estavam sem uso no momento das medições, permanecendo com as janelas e portas fechadas, e sem ocupação de usuários.

No momento das medições, havia pouco material armazenado no Contêiner 3: alguns vergalhões depositados no chão, sacolas com conexões de tubos de esgoto sanitário e ferramentas manuais. Como a quantidade de material estocado no Contêiner 3 era pequena e não interferia significativamente na reverberação, optou-se por fazer as medições sem retirar os materiais armazenados, para representar fielmente o contêiner em uso.

Já nas medições das temperaturas superficiais dos fechamentos verticais e do nível de pressão sonora, os três contêineres estavam sem ocupação de usuários, conforme recomendação da norma NBR 10152 (ABNT, 2017), mas com as portas e janelas abertas. Essa abordagem foi adotada no momento da medição para considerar as condições normais de uso local para uma avaliação global do contêiner.

4 Resultados e discussões

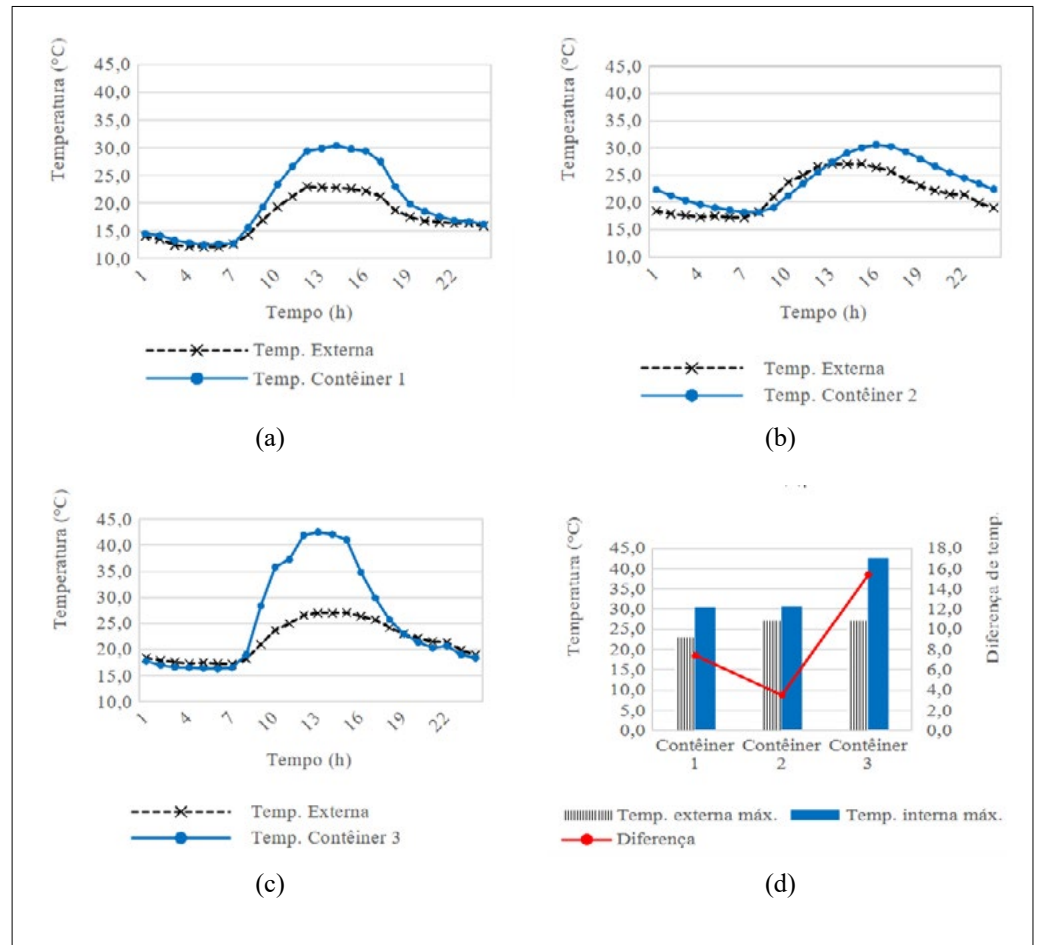
A análise do comportamento térmico e acústico dos contêineres foi realizada por meio de medições *in loco* de variáveis térmicas e níveis de pressão sonora. Nesta seção são apresentados os resultados e a discussão de cada variável.

4.1 Temperaturas do ar

Conforme recomendação contida na norma NBR 15575-1 (ABNT, 2013), trabalhou-se com uma sequência de medição *in loco* de três dias consecutivos por 24 horas e análise dos dados no terceiro dia. Dessa forma, considerando os períodos de medição *in loco* e dias sem variações abruptas de temperatura, o dia 27 de julho de 2021 foi escolhido para análise da evolução temporal das temperaturas no Contêiner 1 e o dia 2 de outubro de 2021, para análise nos Contêineres 2 e 3. Na Figura 7 (próxima página) apresentam-se a evolução temporal das temperaturas externas e internas dos contêineres e a variação entre a temperatura externa máxima e a interna máxima nos contêineres.

Figura 7 ►

Evolução temporal da temperatura interna do ar.
(a) Contêiner 1 - 27/07/2021.
(b) Contêiner 2 - 02/10/2021.
(c) Contêiner 3 - 02/10/2021.
(d) Variação entre a temperatura externa máxima e a interna máxima no contêiner.
Fonte: dados da pesquisa (2021)



Os critérios de desempenho térmico da norma NBR 15575-1 (ABNT, 2013) consideram os valores máximos de temperatura do ar interior de ambientes de permanência prolongada, sem a presença de fontes internas de calor, comparando-os à máxima temperatura do ar no exterior da edificação. As medições realizadas mostraram valores de temperatura interna máxima superiores à temperatura externa máxima nos três casos, não atendendo aos critérios de desempenho estabelecidos pela norma NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

Conforme se apresenta na Figura 7c, os valores obtidos na medição realizada no Contêiner 3, ocorrida no dia 2 de outubro de 2021, mostraram o maior pico de temperatura do ar interno entre os três casos. A temperatura do ar interna máxima no Contêiner 3 atingiu 42,5 °C, enquanto a externa foi de no máximo 27,1 °C. Assim como no estudo de Krebs, Moura e Cunha (2015), em que o projeto original do contêiner apresentou um desempenho muito baixo (apenas 38,07% das horas anuais em conforto), neste trabalho, o Contêiner 3, sem fechamentos adicionais, apresentou o pior desempenho térmico entre os três casos analisados.

As medições realizadas no Contêiner 1 mostraram valores de temperatura interna máxima superiores à temperatura externa máxima, assim como no Contêiner 3, mas com pico menor de temperatura interna do ar (Figura 7a). A temperatura do ar interna máxima no Contêiner 1 atingiu 30,4 °C, enquanto a externa foi de no máximo 23,0 °C.

Entre os três casos analisados, no Contêiner 2 obteve-se a menor variação entre a temperatura máxima interna (30,6 °C) e a externa (27,1 °C) – Figura 7b. Conforme se pode observar no Quadro 3, o fechamento vertical do Contêiner 2 apresenta

Quadro 3 ▼

Propriedades dos fechamentos verticais dos contêineres analisados.

Fonte: dados da pesquisa (2021)

o menor valor de transmitância térmica entre os três casos analisados. Para a ZB3, a norma NBR 15220-3 (ABNT, 2005) recomenda fechamentos com transmitância térmica $U < 3,60 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Entre os fechamentos analisados, o único que possui transmitância térmica dentro desse critério é o Contêiner 2. Conforme apontam Viana, Souza e Gomes (2019), o uso de isolamento térmico nos fechamentos proporciona um melhor desempenho térmico à edificação.

Unidade	Composição do fechamento vertical	Transmitância térmica (W/m ² .K)	Capacidade térmica (kJ/m ² .K)
Contêiner 1	Chapa de aço (2,6 mm) + Forro de PVC (6 mm)	5,0	16,5
Contêiner 2	Chapa de aço (2,6 mm) + Lã de vidro (50 mm) + Manta de polietileno expandido (2 mm) + Chapa de gesso acartonado (12,5 mm)	0,8	20,0
Contêiner 3	Chapa de aço (2,6 mm)	5,9	9,3

De acordo com o trabalho de Buges *et al.* (2014), fechamentos externos compostos por chapa de aço ondulada, lã de vidro, câmara de ar e placa de gesso oferecem capacidade térmica muito inferior ao solicitado pelo pré-requisito do RTQ-R para as zonas bioclimáticas de 1 a 7. Para solucionar essa deficiência, os autores recomendam o uso de materiais com altos valores de densidade aparente e de calor específico. Conforme observaram Carbonari e Barth (2015), nas três edificações comerciais analisadas na região Sul do Brasil, pertencentes às zonas bioclimáticas 2 e 3, fez-se necessário o uso de algum tipo de sistema de condicionamento do ar, embora houvesse melhorias realizadas nas envoltórias dos casos de estudo.

Vale ressaltar que as aberturas das janelas dos Contêineres 1 e 2 não estão voltadas para a direção do vento predominante. Dessa forma, os resultados obtidos podem ser alterados significativamente explorando-se as possibilidades de ventilação passiva dos ambientes por meio da ventilação cruzada e/ou do efeito chaminé. Em muitas cidades brasileiras, especialmente as litorâneas, os ventos predominantes são provenientes do sul, sudeste e leste, orientações para as quais devem ser posicionadas aberturas para ventilação, gerando maior aeração interna, reduzindo as temperaturas.

A incidência solar direta nas aberturas, a orientação solar e a diferença na época das medições também influenciaram nos resultados. Na época das medições, os planos verticais de maior incidência solar coincidiam com a localização das aberturas, o que pode ter influenciado o desempenho térmico da edificação. Considerando-se o deslocamento temporal entre as medições, no Contêiner 1, a trajetória solar estava mais baixa do que quando foram realizadas as medições nos outros dois contêineres.

4.2 Temperaturas superficiais

No Quadro 4, apresentam-se os resultados obtidos com as medições das temperaturas superficiais do fechamento vertical voltado para o norte ou noroeste nos três contêineres.

Quadro 4 ▶

Temperaturas superficiais do fechamento vertical dos contêineres.
Fonte: dados da pesquisa (2021)

Parâmetros	Contêiner 1	Contêiner 2	Contêiner 3
Data da medição	28/07/21	30/09/21	30/09/21
Horário	15:00	15:00	15:10
Fachada	Noroeste	Norte	Noroeste
Cor/tom	Cinza claro	Vermelho médio	Verde escuro
Temperatura superficial externa (°C)	32,4	38,3	42,8
Temperatura superficial interna (°C)	29,4	32,3	41,4
Amplitude temperatura ext./int. (°C)	3,0	6,0	1,4

Considerando os valores de temperatura superficial externa, o maior valor foi obtido no contêiner de tom mais escuro (Contêiner 3), e o menor valor, no fechamento de tom mais claro (Contêiner 1). Conforme consta na norma NBR 15575-1 (ABNT, 2013), a absorvância à radiação solar é um parâmetro importante a se considerar no comportamento térmico da edificação. Ao se definirem os tons das cores nos fechamentos verticais, assumem-se valores diferentes de absorvância (cor clara: $\alpha = 0,3$; cor média: $\alpha = 0,5$; cor escura: $\alpha = 0,7$). Em simulações termoenergéticas, os valores de absorvância solar das fachadas mostram ser um item crítico para um edifício contêiner (Caldas; Abreu-Harbach; Hora, 2020). Conforme o estudo de Viana, Souza e Gomes (2019), em simulações computacionais do desempenho térmico de contêineres, a escolha dos tons das cores de acabamento externo pode gerar uma variação considerável na temperatura do ar interna, sendo indicado para a zona bioclimática 3 o uso de cores mais claras (absorvância solar de 0,3).

O maior valor de amplitude entre a temperatura superficial externa e a interna foi obtido no Contêiner 2 (6,0 °C), que possui uma camada de material isolante em lã de vidro na composição do fechamento. Esse resultado está em conformidade com as conclusões de Viana, Souza e Gomes (2019), segundo os quais o uso de isolamento térmico nos fechamentos externos se mostra indispensável na ZB 3. Já o menor valor de amplitude foi obtido no Contêiner 3, que não tem revestimento interno. Conforme o esperado, ao se considerar apenas a chapa de aço do fechamento vertical, a diferença entre as temperaturas foi pequena (1,4 °C). Assim como no caso de vigas de aço estruturais expostas ao ambiente externo, as temperaturas superficiais seguem o comportamento da temperatura externa, por se tratar de um material altamente condutor, que acelera os ganhos e perdas de calor (Caetano; Souza; Gomes, 2022).

4.3 Nível sonoro pontual

A análise dos resultados dos níveis de pressão sonora nos ambientes externos e internos das edificações é realizada considerando apenas o descritor $L_{Aeq,T,X}$ – Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A integrado durante um tempo T no ponto X. Nas Tabelas 1, 2 e 3, apresentam-se os resultados das medições diurnas realizadas nos três casos. No momento das medições, o dia encontrava-se ensolarado, sem nuvens, sem rajadas fortes de vento e sem circulação de pessoas no local.

Tabela 1 ►

Nível de pressão sonora equivalente em cada ponto de leitura – Contêiner 1.

Fonte: dados da pesquisa (2021)

Contêiner 1			
Data	Horário	Pt.	L_{Aeq} (dB)
04/10/21	13:00	1	66,3
04/10/21	13:05	2	58,4
04/10/21	13:12	3	52,0
04/10/21	13:18	4	59,0
04/10/21	13:00	5	56,9
04/10/21	13:06	6	55,4
04/10/21	13:11	7	50,5

Tabela 2 ►

Nível de pressão sonora equivalente em cada ponto de leitura – Contêiner 2.

Fonte: dados da pesquisa (2021)

Contêiner 2			
Data	Horário	Pt.	L_{Aeq} (dB)
30/09/21	14:29	8	55,0
30/09/21	14:35	9	50,0
30/09/21	14:40	10	50,1
30/09/21	14:46	11	52,0
30/09/21	14:30	12	42,7
30/09/21	14:35	13	44,4
30/09/21	14:39	14	42,4

Tabela 3 ►

Nível de pressão sonora equivalente em cada ponto de leitura – Contêiner 3.

Fonte: dados da pesquisa (2021)

Contêiner 3			
Data	Horário	Pt.	L_{Aeq} (dB)
30/09/21	14:50	15	51,0
30/09/21	14:56	16	46,2
30/09/21	15:02	17	49,9
30/09/21	15:07	18	50,2
30/09/21	14:50	19	47,2
30/09/21	14:55	20	46,3
30/09/21	15:01	21	43,7

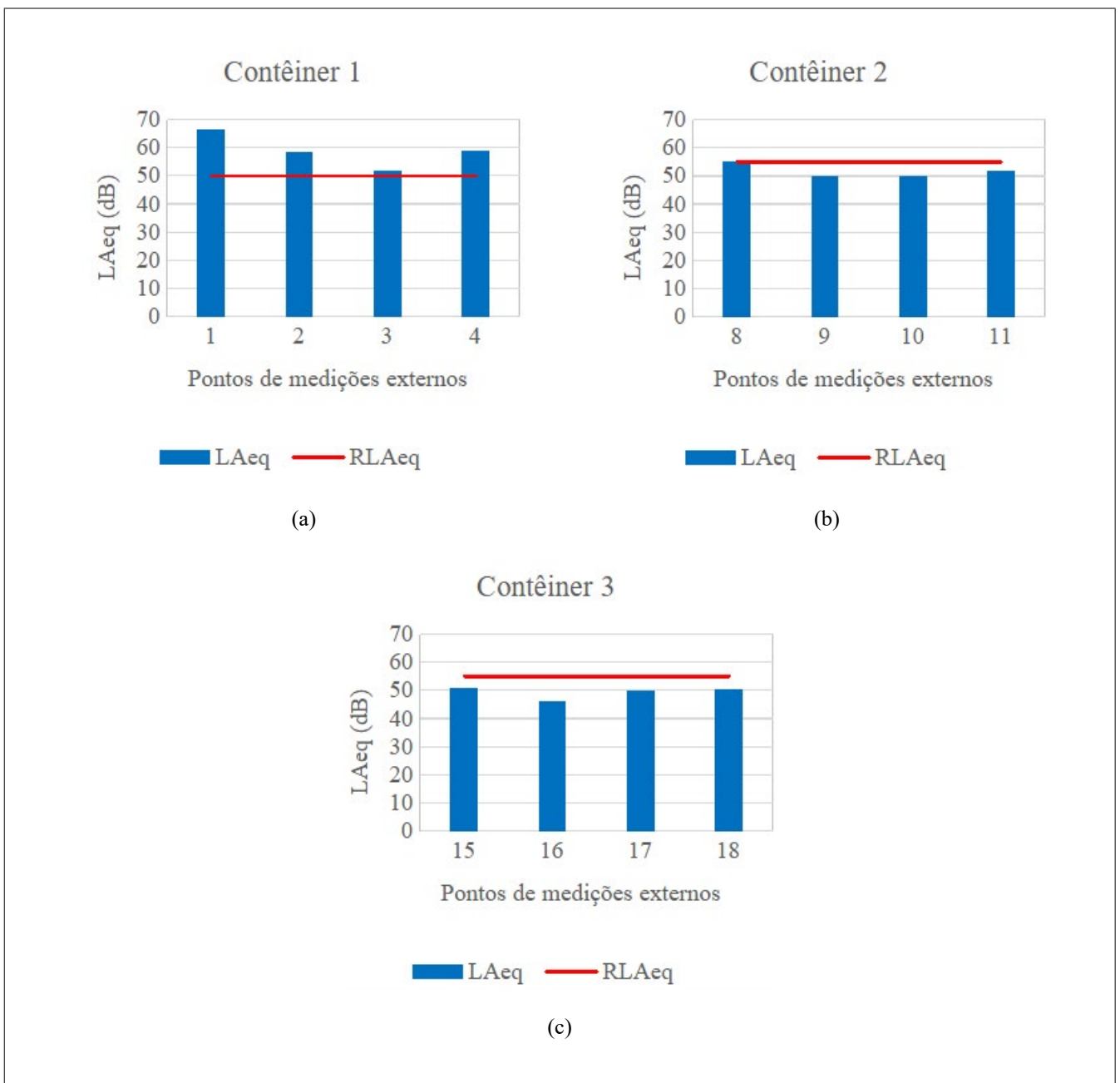
Por meio dos resultados mostrados nas Tabelas 1, 2 e 3, observa-se que os pontos externos que apresentaram os valores mais altos de L_{Aeq} são aqueles voltados para as fontes sonoras. O Ponto 1 está voltado ao ruído gerado por máquinas pesadas usadas na obra de recuperação da voçoroca, e os Pontos 8 e 15, voltados para a Rodovia Rodrigo de Melo Franco. Em relação aos pontos internos, no Contêiner 3, na medida em que o ponto de medição se aproxima do fechamento dos fundos, os valores de L_{Aeq} vão ficando menores, conforme o esperado. Nos Contêineres 1 e 2, os valores obtidos de L_{Aeq} são função também das aberturas e do *layout* das divisões internas. Os pontos mais próximos das janelas atingem valores mais altos de L_{Aeq} , uma vez que grandes aberturas facilitam

Figura 8 ▼

Comparativo entre os níveis sonoros medidos e os limites de níveis de pressão sonora da norma NBR 10151 (ABNT, 2019) para ambientes externos.
 (a) Contêiner 1. (b) Contêiner 2.
 (c) Contêiner 3.
 Fonte: dados da pesquisa (2021)

a entrada dos ruídos (Azevedo, 2007). Não só as dimensões das janelas interferem na eficiência acústica, mas também a qualidade das esquadrias. A vedação insuficiente das aberturas de portas ou janelas também compromete a eficiência acústica dos ambientes, uma vez que as frestas proporcionam diminuição significativa nos índices de redução sonora nas faixas de frequência médias e altas (Hopkins, 2007).

Comparando-se os níveis de pressão sonora equivalentes medidos com os parâmetros estabelecidos na norma NBR 10151 (ABNT, 2019) para avaliação em ambientes externos, obtêm-se os resultados mostrados na Figura 8. Os limites apresentados na Figura 8 consideram o Contêiner 1 em área escolar (limite no período diurno = 50 dB) e os Contêineres 2 e 3 em área mista predominantemente residencial (limite no período diurno = 55 dB).



Legenda: L_{Aeq} = Nível de pressão sonora equivalente; RL_{Aeq} = Limite do nível de pressão sonora equivalente.

Os níveis de pressão sonora registrados em medições nos pontos externos dos Contêineres 2 e 3 enquadram-se nos limites estabelecidos pela norma NBR 10151 (ABNT, 2019). Embora a rodovia Rodrigo de Melo Franco possua um ruído rotineiro com o tráfego veicular, devido a um desnível com vegetação entre o terreno e a rodovia, que possibilita a construção de uma barreira acústica, os ruídos provenientes da rodovia chegam aos contêineres com intensidade reduzida. De acordo com Azevedo (2007), a criação de barreiras acústicas diminui os ruídos e, nesse sentido, os taludes funcionam como barreiras naturais para as construções situadas no lado oposto. Já o Contêiner 1 está situado em uma cota bem mais alta que a fonte sonora, ficando mais sensível aos ruídos distantes, uma vez que a atenuação sonora com o distanciamento vertical é mínima (Arizmendi, 1980).

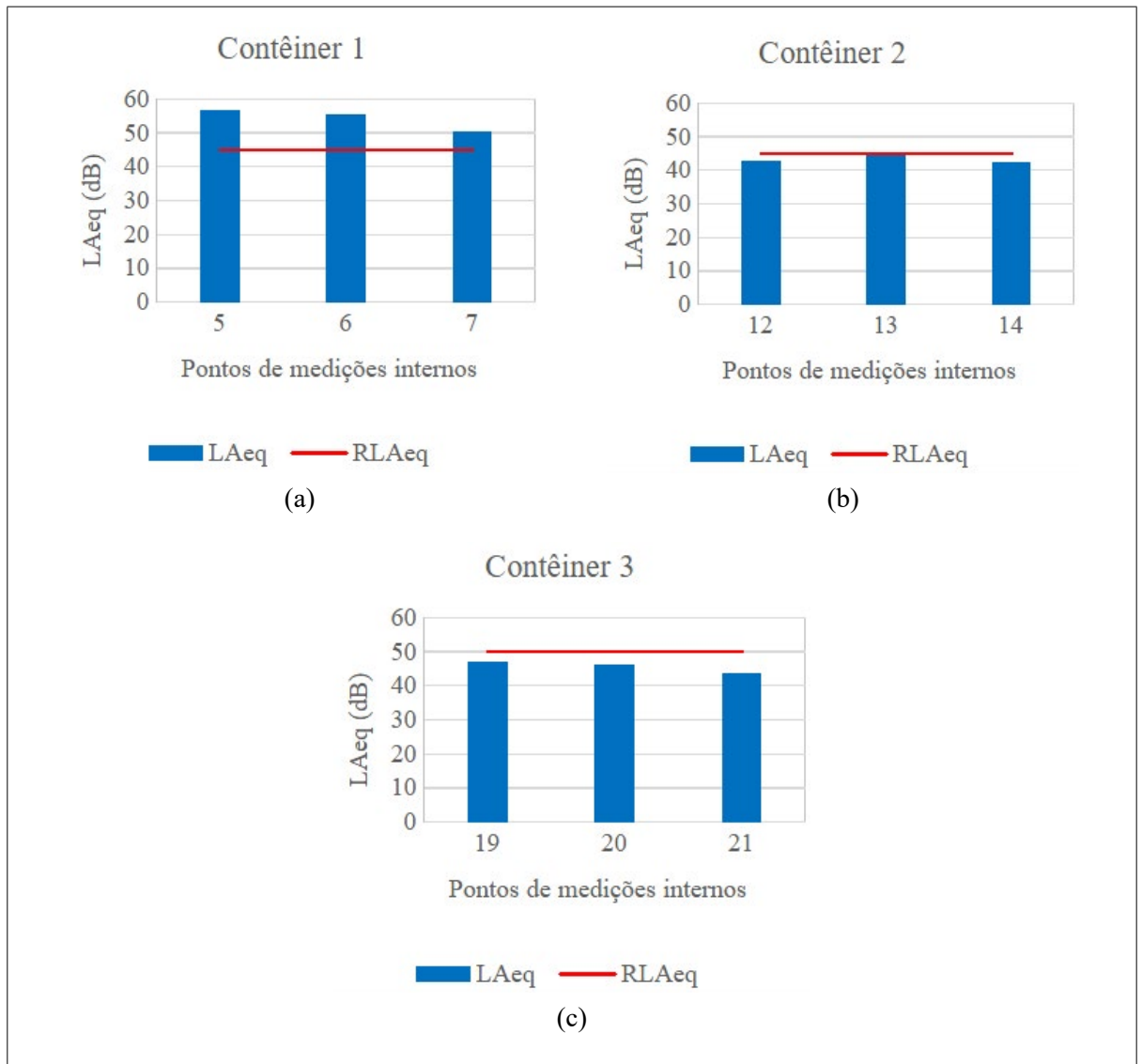
Figura 9 ▼

Comparativo entre os níveis sonoros medidos e os limites de níveis de pressão sonora da norma NBR 10152 (ABNT, 2017) para ambientes internos.

- (a) Contêiner 1.
- (b) Contêiner 2.
- (c) Contêiner 3.

Fonte: dados da pesquisa (2021)

Comparando-se os níveis de pressão sonora equivalentes medidos com os parâmetros estabelecidos na norma NBR 10152 (ABNT, 2017) para avaliação em ambientes internos, obtêm-se os resultados mostrados na Figura 9. Os limites apresentados na Figura 9 consideram RL_{Aeq} (limite do nível de pressão sonora equivalente) igual a 45 dB para finalidade de uso em escritórios coletivos e RL_{Aeq} igual a 50 dB para finalidade de uso em áreas de serviço, uma vez que, na norma, não há referência para depósito (finalidade de uso do Contêiner 3).



Legenda: L_{Aeq} = Nível de pressão sonora equivalente; RL_{Aeq} = Limite do nível de pressão sonora equivalente.

Os pontos internos 12, 13 e 14 do Contêiner 2 apresentaram valores de L_{Aeq} menores que os pontos dos demais contêineres. Embora o Contêiner 2 possua aberturas de grande dimensão (26% da área de parede) voltadas para uma superfície paralela à da edificação vizinha, o revestimento interno das paredes e da cobertura com camada de lã de vidro propicia qualidade acústica ao ambiente, fazendo com que os valores encontrados estejam dentro dos limites da norma NBR 10152 (ABNT, 2017). No Contêiner 3, cujo espaço interno é utilizado como ambiente de baixa permanência, os valores obtidos também estão dentro do permitido pela norma.

Já no Contêiner 1, todos os valores de L_{Aeq} medidos excederam o parâmetro estabelecido pela norma NBR 10152 (ABNT, 2017), evidenciando o desconforto acústico nesse caso. Embora a atividade de escritório seja menos sensível ao ruído quando comparada à de sala de aula, o ruído excessivo interfere diretamente na função exercida no ambiente. O uso de uma camada de forro de PVC como revestimento interno mostrou-se ineficaz do ponto de vista de conforto acústico.

5 Conclusão

A reutilização de contêineres na construção civil é uma estratégia sustentável, que se justifica pela redução de resíduo em obra, rápida execução e diminuição do uso de recursos naturais. Embora o edifício contêiner tenha se mostrado uma alternativa econômica e sustentável no cenário atual da construção civil nacional, ainda não há no Brasil trabalhos acadêmicos que apresentem resultados de medições *in loco* para conforto térmico e acústico em contêineres adaptados. Devido ao potencial de uso humano dessas estruturas, faz-se necessário realizar uma avaliação de sua viabilidade técnica dos pontos de vista térmico e acústico, com a finalidade de se obter uma resposta ambiental adequada aos usuários.

Neste estudo, o comportamento térmico e acústico de contêineres utilizados como área de apoio em canteiro de obras foi investigado em três casos. Buscou-se preencher a lacuna da abordagem experimental nos estudos acadêmicos de edifícios contêineres, a fim de contribuir na consolidação do uso potencial de contêineres na construção civil.

Por meio de medições *in loco* internas e externas, foram obtidas as temperaturas do ar, as temperaturas superficiais e os níveis de pressão sonora. Esses casos foram analisados considerando os critérios das normas NBR 15220-3 (ABNT, 2005), NBR 15575-1 (ABNT, 2013), NBR 10152 (ABNT, 2017) e NBR 10151 (ABNT, 2019). Baseadas nas discussões, as principais conclusões são as seguintes:

- Em relação ao desempenho térmico, o uso do contêiner com acabamento original não se mostra adequado ao uso humano para qualquer tipologia na zona bioclimática 3;
- A inclusão de camada isolante em lã de vidro nos fechamentos verticais e horizontais do contêiner (conforme fechamento do Contêiner 2) não garante desempenho térmico adequado na zona bioclimática 3 em condições de infiltração de ar e sem ventilação, embora essa composição tenha propiciado a menor variação entre a temperatura máxima interna e a externa entre os três casos analisados;
- Os tons das cores empregadas na face externa dos contêineres implicam em variações consideráveis na temperatura superficial externa, afetando diretamente o comportamento térmico da edificação;

- Em relação ao conforto acústico, além de estratégias de projeto que aumentem a eficiência acústica, é necessário fazer o tratamento adequado de paredes e cobertura do contêiner para uso humano. O uso de uma camada de forro de PVC como revestimento interno mostrou-se ineficaz do ponto de vista de conforto acústico; já o revestimento das paredes e da cobertura dos contêineres com camada de lã de vidro propicia qualidade acústica, mesmo em ambientes com aberturas de grandes dimensões.

O trabalho teve como principal limitação o fato de que as medições *in loco* foram realizadas em épocas distintas no ano. Isso ocorreu em função da disponibilidade das construtoras e dos equipamentos de medição. No entanto, o comportamento térmico e acústico pode ser avaliado em períodos distintos, uma vez que cada amostra foi tratada com sua especificidade.

Futuramente, pode-se considerar como tópicos de pesquisa: a medição de parâmetros acústicos considerando a nova versão da norma NBR 10152 (ABNT, 2020); medições *in loco* de variáveis térmicas e acústicas de contêineres adaptados em outras zonas bioclimáticas brasileiras; revisão de trabalhos internacionais cujas condições climáticas se assemelhem às do Brasil; e análise de outras composições de fechamentos em contêineres.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal de Ouro Preto por possibilitar a realização deste trabalho.

Financiamento

Esta pesquisa não recebeu financiamento externo.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151:** Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro, 2019. 25 p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152:** Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2017. 21 p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152:** Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2020. 21 p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005. 30 p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013. 71 p.

ALVES, J. V. P.; FERREIRA, R. S.; CAVALCANTE, R. P. Containers – uma nova alternativa para a construção civil. Estudo direcionado para projetos residenciais. **Revista Principia – Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa, v. 46, p. 19-32, set. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-03062015v1n46p19-32>.

ARIZMENDI, L. J. **Tratado fundamental de acústica en la edificación**. Pamplona: Ediciones Universidad de Navarra, 1980. 212 p.

AZEVEDO, M. B. **Compatibilização do conforto acústico com o conforto térmico no ambiente construído - Centro Integrado de Educação Pública**. 2007. 120 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <https://proarq.fau.ufrj.br/teses-e-dissertacoes/506/compatibilizacao-do-conforto-acustico-com-o-conforto-termico-no-ambiente-construido-centro-integrado-de-educacao-publica>. Acesso em: 17 set. 2022.

BUGES, N. L.; STUMPO, L. F. A.; PORTO, F. H. F. S.; LÓPEZ, V.; ANDREASI, W. A. A eficiência energética de contêiner adaptado como residência nos diversos climas do Brasil. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2014. p. 183-191. DOI: <http://doi.org/10.17012/entac2014.130>.

CAETANO, L. F.; SOUZA, H. A.; GOMES, A. P. Effect of the exposed steel structure on the thermal performance of buildings. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 18, n. 1, p. 1-18, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/17452007.2020.1833828>.

CALDAS, L. R.; ABREU-HARBICH, L. V.; HORA, K. E. R. Avaliação ambiental de alternativas construtivas de um edifício contêiner. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 11, e020008, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v11i0.8654887>.

CARBONARI, L. T. **Reutilização de contêineres ISO na arquitetura**: aspectos projetuais, construtivos e normativos do desempenho térmico em edificações no sul do Brasil. 2015. 196 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/156881>. Acesso em: 17 set. 2022.

CARBONARI, L. T.; BARTH, F. Reutilização de contêineres padrão ISO na construção de edifícios comerciais no sul do Brasil. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 6, n. 4, p. 255-265, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v6i4.8641165>.

CIDADE BRASIL. **Município de Ouro Branco**. 2021. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-ouro-branco-mg.html>. Acesso em: 16 set. 2021.

HOPKINS, C. **Sound insulation**. 1. ed. Slovenia: Butterworth-Heinemann, 2007.

KOWALSKI, L. F.; MASIERO, E. Estudo comparativo de sistemas de medições de temperatura superficial de pavimentos urbanos. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, São Paulo, SP, v. 8, n. 61, p. 15-28, jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.17271/2318847286120202409>.

KREBS, L. F.; MOURA, P. W.; CUNHA, E. G. Habitação em container: um estudo paramétrico para a zona bioclimática 3. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 4, n. esp, p. 90-101, dez. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v4e0201590-101>.

MARQUES, A. R. A. **Estudo de coordenação modular em projetos de reciclagem de contentores**. 2011. 165 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.6/2226>. Acesso em: 17 set. 2022.

MILANEZE, G. L. S.; BIELSHOWSKY, B. B.; BITTENCOURT, L. F.; SILVA, R.; MACHADO, L. T. A utilização de containers como alternativa de habitação social no município de Criciúma/SC. **Revista Técnico-Científica do IFSC**. v. 3, n. 1, p. 615-624, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/rtc/article/view/577>. Acesso em: 26 out. 2021.

OURO PRETO. **Localização**. 2021. Disponível em: <https://ouopreto.mg.gov.br/localizacao>. Acesso em: 21 out. 2021.

ROMANO, L.; PARIS, S. R.; NEUENFELDT JUNIOR, A. L. Retrofit de contêineres na construção civil. **Labor e Engenharia**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 83-92, 2014. DOI: <https://doi.org/10.20396/lobore.v8i1.225>.

SILVA, M. F. C. G. **Edificações construídas a partir de contêineres marítimos**: estudos de caso na região central de Minas Gerais. 2018. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/11650>. Acesso em: 17 set. 2022.

SOUZA, D. A.; PINHO, G. C. S.; ANDRADE, R. G. M.; ARAÚJO, G. S. Sistema construtivo contêiner para Habitação Social: desafios de implantação e possibilidades construtivas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 11, p. 25836-25862, nov. 2019. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n11-237>.

VIANA, F. S.; SOUZA, H. A.; GOMES, A. P. Residência em contêiner: comparativo de estratégias para a melhoria do desempenho térmico. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 10, e019011, mar. 2019. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8652794>.