

ANÁLISE TÉRMICA PARA HABITAÇÕES EMERGENCIAIS EM CONTÊINERES PARA CIDADES PORTUÁRIAS EM DIFERENTES ZONAS BIOCLIMÁTICAS

1º Congresso de Transição Energética do Norte Fluminense, 1ª edição, de 11/11/2024 a 12/11/2024
ISBN dos Anais: 978-65-5465-131-8

MATA; Larissa Prado da¹, MACIEL; Ana Carolina Fernandes², COSTA; Bruno Barzellay Ferreira da³

RESUMO

1. RESUMO

Com o crescimento da demanda por habitações emergenciais, os contêineres passaram a ser estudados como alternativa construtiva viável, sustentável e de baixo custo. Porém os contêineres para moradias precisam estar associados a materiais e técnicas para oferecer desempenho térmico favorável. Estudos apontam o uso de materiais isolantes nas paredes, pisos e coberturas como maneira de melhorar essa condição, no entanto, poucos trazem o comportamento desses materiais para localidades de climas diferentes. Ainda, em conjunto a estes materiais podem ser executadas estratégias construtivas que visam melhorar as condições térmicas do ambiente. Este estudo tratará da análise do desempenho térmico de uma habitação emergencial composta por isolamento de paredes em lã mineral e piso em compensado naval, junto a estratégias bioclimáticas, para diferentes regiões, por meio da interação BIM/BES. Por meio deste é esperado que as análises obtidas ampliem os resultados existentes, bem como possa ser replicado para localidades que apresentem características bioclimáticas semelhantes.

ABSTRACT

With the growing demand for emergency housing, containers have been studied as a viable, sustainable and low-cost construction alternative. However, containers for housing need to be associated with materials and techniques to offer favorable thermal performance. Studies point to the use of insulating materials in walls, floors and roofs as a way of improving this condition, but few report on the behavior of these materials in locations with different climates. In addition to these materials, construction strategies can be implemented to improve the thermal conditions of the environment. This study will provide thermal performance analysis of an emergency dwelling composed of mineral wool wall insulation and naval plywood flooring, together with bioclimatic strategies for different regions, using BIM/ BES interaction. It is expected that the analyses obtained will expand the existing results and can be replicated in locations with similar bioclimatic characteristics.

2. INTRODUÇÃO COM FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA, JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

O crescimento econômico mundial aumentou exponencialmente na década de 1980 quando houve significativa transformação no transporte marítimo com a introdução dos contêineres, onde cerca de 90% dos portos estavam envolvidos nesse sistema de transporte (Levine, 2023). Orientados para exportação e importação entre países ao redor do mundo a indústria do comércio pode se intercomunicar por meio dessa expansão.

O ciclo de vida útil de um contêiner varia de acordo com o tipo de carga que transporta, sendo que em média o ciclo náutico logístico dura em torno de oito anos, podendo entrar em desuso antes. Fora do mar o contêiner pode durar até cem anos (Gaspar, 2021).

Essa variação entre ciclo de vida logístico e duração, causa acúmulo de contêineres sem uso nos portos provocando um duplo dilema. Conduzir os contêineres vazios de volta a sua origem é um procedimento oneroso, e deixá-los em depósitos exige muito esforço para seu reposicionamento além de ocupar muito espaço (Rodrigues, 2020). Segundo Botes (2013) o número excessivo de contêineres vazios que fazem uso dessa prática, além de proporcionar nova função buscam minimizar a extração de recursos. Dentre as práticas para a reutilização de contêineres de transporte, o uso na construção civil tem ganhado espaço.

A ideia de reutilizar materiais como o contêiner surgiu em 1850, quando vagões de trem foram reaproveitados para abrigar restaurantes. No final da década de 1980 e início da década de 1990, começou a difusão de novos usos para os contêineres, especialmente no contexto da construção civil (Gaspar, 2021).

A construção civil gera grandes quantidades de resíduos em suas etapas construtivas e nem sempre entrega resultados eficientes energeticamente. Com a demanda crescente em número de habitações e edificações mais eficientes, os contêineres se apresentam como solução eficaz, uma vez que são recicláveis, duráveis, resistentes e podem gerar economia para o setor (Martins; Silva, Paiva, 2023). No que diz respeito a sustentabilidade, não basta reaproveitar os materiais, todas as etapas de implantação devem ser consideradas. As habitações temporárias que fazem uso dessa prática, além de proporcionar nova função a um material descartado, gera percentual baixo de resíduos, minimiza o tempo de execução em relação ao convencional e traz aos usuários a opção de usufruir de espaços internos e conforto das edificações convencionais com consciência, proteção ambiental e inovação arquitetônica. (Mazini, 2022). Comumente utilizados em canteiros de obras para instalações temporárias, seu uso para a construção de habitações emergenciais passou a ser amplamente explorado, despertando interesse acadêmico e prático.

¹ Universidade Federal de Uberlândia, larissa.mata@ufu.br

² Universidade Federal de Uberlândia, anamaciel@ufu.br

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro, bruno.barzellay@macae.ufrrj.br

As habitações podem ser compreendidas em três tipos de estruturas, habitações permanentes, temporárias e transitórias. As primeiras são mais resistentes e complexas, as segundas possuem resistência e grau de complexibilidade menores do que as permanentes, e as terceiras permitem reformas graduais podendo se tornar permanentes. Segundo Ultramari (2018), ao longo dos anos houve aumento considerável de pessoas desabrigadas, não só devido ao aumento dos desastres naturais, mas também em razão de conflitos sociopolíticos, o que tornou o tema da habitação emergencial mais relevante.

O uso dessa prática construtiva, apesar de muito viável, apresenta desafios. O desempenho térmico de uma edificação em contêiner pode variar de acordo com sua composição e clima local. Como toda a estrutura dos contêineres é feita de aço, e sendo este um material com alta condutividade de calor, são necessárias estratégias para reduzir as temperaturas internas, de forma a melhorar o desempenho térmico e reduzir os gastos energéticos dessas estruturas. Uma das principais propriedades que deve ser levada em consideração na escolha dos materiais de isolamento é a inércia térmica que se apresenta como uma característica do material em resistir as mudanças de temperatura (Glossário, 2017).

Para melhor desempenho térmico dos ambientes, também deve-se levar em consideração as características climáticas dos locais a serem instalados e a disponibilidade dos contêineres, uma vez que é necessário transportá-los dos portos ao local de instalação, sendo mais viável economicamente instalá-los nas proximidades dos locais de origem.

O transporte marítimo interliga o comércio entre os continentes por meio dos portos, que, atualmente movimentam grande quantidade de contêineres todos os meses, sendo os locais responsáveis pela chegada, saída e depósito destes. Cada continente possui ao menos um grande porto que recebe grande quantidade de carga em contêineres. A Ásia detém domínio no setor do comércio exterior sendo casa do maior porto do mundo, o porto de Shanghai, localizado na China, que foi, em 2021, responsável pelo transporte de 47,03 milhões de contêineres e abrangeu aproximadamente 26% de todo comércio exterior Chinês. Na América do Norte, tem-se o porto de Los Angeles, nos Estados Unidos, responsável por aproximadamente 20,1 milhões de contêineres movimentados. O porto de Hamburgo na Alemanha domina a movimentação de cargas no continente europeu, responsável pela movimentação de 9,9 milhões de contêineres anualmente. No continente africano o porto que se destaca é o de Durban na África do Sul, com 3,3 milhões por ano. Na América do Sul, o porto de Santos, no Brasil, é responsável pela movimentação de 4,8 milhões de contêineres. Na Oceania, o porto com maior movimentação de carga em contêineres é o de Sidney, localizado na Austrália, que transporta em média 1,85 milhões anualmente (Funchal, 2023). Os portos mencionados podem ser visualizados geograficamente na Figura 1.

Figura 1: Principais portos de cada continente.

América do Norte

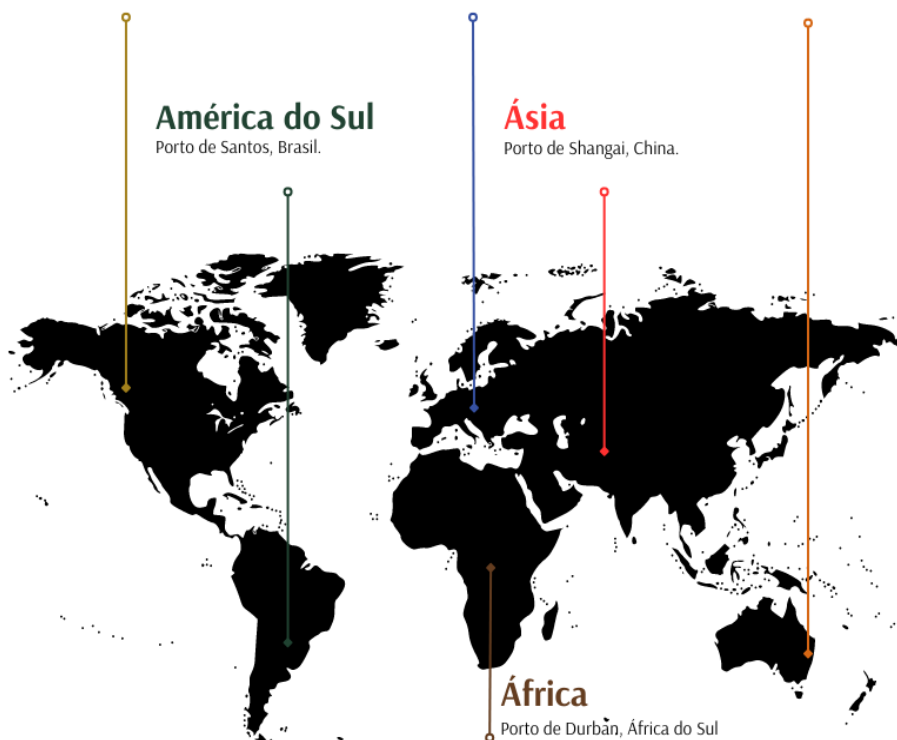
Porto de Los Angeles, Estados Unidos.

Europa

Porto de Hamburgo, Alemanha.

Oceania

Porto de Sidney, Austrália.



Fonte: autor, 2024.

Os portos desempenham papel crucial na dinâmica econômica local e no comércio global, servindo como interconectores entre os continentes. Embora os portos da Ásia apresentem o maior fluxo de carga a nível mundial, este estudo concentrar-se-á em quatro portos situados em diferentes continentes, os quais possuem os maiores volumes de movimentação de carga. Cada um desses portos recebe uma grande quantidade de contêineres, armazenando também a maior parte destes que não voltam para seu local de origem e se encontram em desuso. A reutilização desses, associado as necessidades de demanda de habitações emergenciais junto a sustentabilidade nesse setor, justificam o estudo deste método construtivo.

Outro importante fator que deve ser levado em consideração para aplicação dessa prática construtiva, são as características climáticas dos locais de reuso, uma vez que cada continente apresenta clima diferente. Segundo Nóbrega (2010), os Sistemas de Classificações Climáticas (SSC) analisam critérios que variam entre precipitação, temperatura, vegetação e massas de ar, como variáveis independentes e em diferentes combinações. Dentre os SSC existentes destacam-se quatro que estabelecem limites climáticos por meio de variáveis diferentes, são as classificações climáticas de Köppen, Thornthwaite, Strahler e Miller.

¹ Universidade Federal de Uberlândia, larissa.mata@ufu.br

² Universidade Federal de Uberlândia, anamacieli@ufu.br

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro, bruno.barzelay@macae.ufrrj.br

A classificação de Köppen, é baseada na temperatura dos meses mais frios e quentes para definir os cinturões climáticos, utilizando grupos de vegetação e como estas se desenvolvem de acordo com cada clima, além de utilizar fórmulas com fator de temperatura. A classificação de Thornthwait, estabelece limites geográficos por meio da vegetação, e trabalha os climas de acordo com eficiência térmica e índices de precipitação, distribuindo esses índices com os limites estabelecidos, define os cinturões térmicos de acordo com índices de eficiência térmica e utiliza dados de evapotranspiração potencial com base na precipitação e nas temperaturas médias mensais. A classificação de Strahler busca identificar as zonas de acordo com as causas das variações climáticas e massas de ar. E a classificação de Miller utiliza a presença, ausência ou duração da estação fria para identificar os tipos climáticos definindo apenas os limites de grandes zonas climáticas (Nóbrega, 2010 apud Brooks, 1948 p. 77, 97- 101).

Diante das classificações existentes é de suma importância a escolha de uma classificação abrangente que utilize parâmetros ativos, de aplicabilidade em escala mundial bem como a nível local ou microescala, permitindo um comparativo fidedigno com regiões distintas. Considerando o ponto de exatidão no qual as regiões climáticas podem ser identificadas e os seus limites estabelecidos, a classificação de Köppen atende as expectativas desejadas (Nóbrega, 2010).

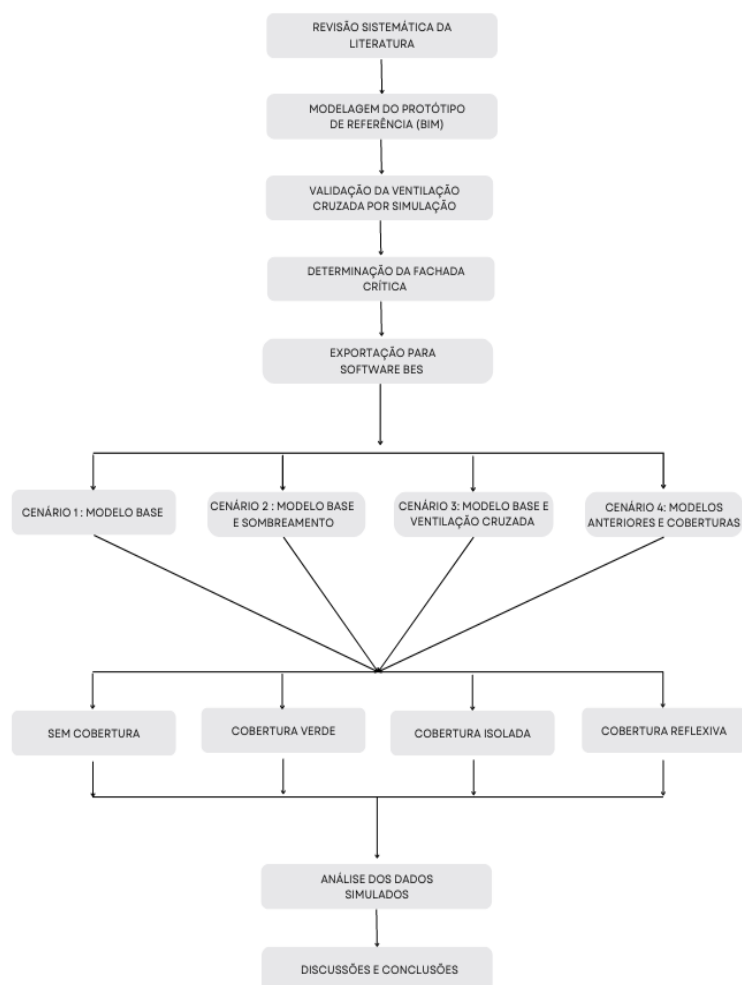
Junto a classificação climática é importante estabelecer métricas de ações construtivas para cada região que visam proporcionar conforto e eficiência energética, chamadas de estratégias bioclimáticas. A classificação de Köppen propõe medidas construtivas para cada uma das zonas bioclimáticas por ela definidas.

O objetivo desta pesquisa é analisar o desempenho térmico de alguns materiais citados na literatura como aplicáveis em habitações de contêineres junto as estratégias bioclimáticas ideais para cada região, por meio de simulações computacionais, utilizando a integração BIM-BES. O ambiente de simulação computacional é uma das formas mais indicadas para se quantificar e avaliar o desempenho térmico de materiais durante a vida útil da edificação (Maciel, 2018). O BIM (Building Information Modeling) é responsável pela modelagem da informação por meio da concepção da edificação junto as propriedades dos materiais e elementos da construção que não estão disponíveis em outras ferramentas, e o BES (Building Energy Simulation) permite avaliar o desempenho dos materiais por meio de simulações termoeenergéticas. A integração BIM e BES contribui significativamente para o meio científico, pois, por meio dela as análises termoeenergéticas podem ser otimizadas com a transferência de dados por meio do fluxo de trabalho, contribuindo para a tomada de decisões de projetos adequados ao clima (Vaz, 2023).

3. METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa se inicia com uma revisão sistemática da literatura para verificar as lacunas de conhecimento nesta temática e buscar o estado da arte em referências bibliográficas. A partir dessa base teórica, serão adotadas quatro cidades portuárias em diferentes continentes, para que seja possível analisar o desempenho de uma habitação emergencial em contêiner para zonas bioclimáticas distintas. Para a classificação dessas regiões será adotada a classificação de Köppen-Geiger que determina os tipos de climas considerando a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais de temperatura do ar e precipitação. O resumo da metodologia proposta pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 2: Fluxograma da Metodologia.



O método apresentado na Figura 2 pode ser resumido nas seguintes etapas:

¹ Universidade Federal de Uberlândia, larissa.mata@ufu.br

² Universidade Federal de Uberlândia, anamacieli@ufu.br

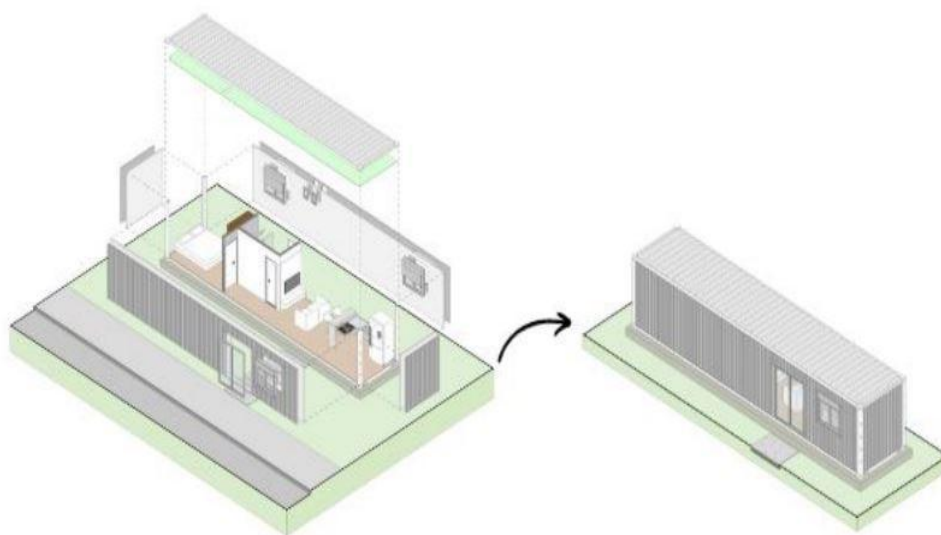
³ Universidade Federal do Rio de Janeiro, bruno.barzellay@macae.ufrrj.br

1. Revisão Sistemática da Literatura abordando as principais lacunas do conhecimento.;
2. Definição das zonas portuárias de estudo de acordo com a classificação climática de Köppen - Geiger;
3. Modelagem da habitação emergencial de referência e aplicação dos materiais de piso e parede;
4. Validação da estratégia de ventilação cruzada em software gratuito;
5. Determinação da fachada crítica por meio de estudo de insolação com software BIM;
6. Exportação do modelo BIM para ambiente de simulação BES em cenários e zonas bioclimáticas distintas;
 - a. Primeiro cenário: modulo referencial + quatro propostas de cobertura em 4 zona bioclimáticas;
 - b. Segundo cenário: modulo referencial + estratégia de sombreamento + quatro propostas de cobertura em 4 zona bioclimáticas;
 - c. Terceiro cenário: modulo referencial + estratégia de ventilação cruzada + quatro propostas de cobertura em 4 zona bioclimáticas;
 - d. Quarto cenário: modulo referencial + estratégias de ventilação cruzada e sombreamento + quatro propostas de cobertura em 4 zona bioclimáticas;
7. Análise comparativa dos resultados das simulações a fim de verificar as estratégias que apresentam melhor desempenho para cada zona bioclimática;
8. Comparação dos resultados com referencial teórico.

A etapa seguinte envolve a modelagem em BIM da habitação emergencial, com a aplicação dos materiais componentes de paredes e piso, e aplicar as bioclimáticas selecionadas mediante sua usabilidade para cada zona, de acordo com a classificação bioclimática de Köppen Geiger, sendo ventilação cruzada, sombreamento natural e coberturas verdes, isoladas e reflexivas.

A proposta é analisar quatro cenários distintos, alterando as características do modelo de referência e as zonas bioclimáticas. Com base em Da Costa et al., (2023), o modelo de referência será uma habitação emergencial composta por um container de 40 pés, de dimensões aproximadas de 12,192m de comprimento, 2,438 de largura, 2,590m de altura com uma área de aproximadamente 28,28 m² e volume de 76,99m³, composto de isolamento de lã mineral nas paredes e piso de compensado naval devido ao melhor desempenho térmico que esses materiais apresentaram no estudo (Figura 3).

Figura 3: Módulo do contêiner referencial.



Fonte: Da Costa et al., (2023).

O modelo base será avaliado por meio de software gratuito quanto a funcionalidade da ventilação cruzada, validando sua utilização como estratégia bioclimática a ser analisada. Com o auxílio de software BIM será analisada e escolhida fachada crítica em relação a orientação solar, para sua melhor determinação. Após a modelagem, esse protótipo seguirá para o ambiente de simulações BES. Por meio deste será possível colher os dados de desempenho dos materiais e estratégias em cada cenário, para que seja realizada análise combinatória com as condições climáticas de cada local. Os quatro cenários se distinguem pelas combinações a serem simuladas.

4. RESULTADOS ALMEJADOS

Na literatura existem diversas pesquisas quanto a análise das propriedades dos materiais aplicados como isolantes térmicos em pisos e paredes para o sistema construtivo de contêineres habitacionais, porém poucas ressaltam a importância de associar esses materiais a estratégias bioclimáticas recomendadas para cada tipo de clima.

Com essa pesquisa espera-se avançar no conhecimento do desempenho térmico para esse tipo de edificação, envolvendo outros parâmetros de extrema importância para o desempenho geral da habitação, como estratégias bioclimáticas e diferentes materiais para cobertura.

Optou-se por uma classificação climática internacional para que o estudo possa ser replicado internacionalmente, em outras cidades portuárias ou em suas proximidades. A expectativa é de que seja possível validar a associação de estratégias bioclimáticas com materiais de alta inércia térmica para melhorar o desempenho térmico dessas habitações e identificar quais são as melhores combinações para cada uma das zonas bioclimáticas selecionadas para este estudo.

¹ Universidade Federal de Uberlândia, larissa.mata@ufu.br

² Universidade Federal de Uberlândia, anamacieli@ufu.br

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro, bruno.bazzellay@macae.ufrrj.br

5. CONCLUSÕES

Com este trabalho espera-se concluir quais estratégias bioclimáticas combinadas são mais adequadas para cada uma das quatro zonas bioclimáticas adotadas para análise. Descobrir as melhores práticas de design aliada a diferentes composições de materiais é de extrema relevância para boas escolhas práticas de forma a promover o uso de contêineres em habitações emergenciais, reduzindo a quantidade desses acumulados em portos ao mesmo tempo que se reduz o déficit habitacional em situações atípicas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES-DS pelo apoio financeiro de bolsa de mestrado, a Universidade Federal de Uberlândia e a Universidade Federal do Rio de Janeiro pela oportunidade de pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

1. LEVINE, J. **The history of the shipping container**. 24 abr. 2023. Disponível em: <https://www.freightos.com/the-history-of-the-shipping-container/>
2. GASPAR, M. **Containers na construção civil: vantagens e desvantagens**. 14 abr. 2021. Scienge, 2021. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/containers-na-construcao-civil/>.
3. RODRIGUE, J.P. **A Geografia dos Sistemas de Transporte**. 5. ed. Nova Iorque: Routledge, 2020.
4. BOTES, A. W. **A feasibility study of utilising shipping containers to address the housing backlog in South Africa**. 2013. Tese de Doutorado - Stellenbosch University, Stellenbosch, 2013.
5. MARTINS, M. S.; SILVA, N.; PAIVA, E.C.R. Impactos da utilização de containers na construção civil. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, edição, 2023, Catalão. **Anais [...]** Catalão: UFV, 2023. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/IMPACTOS_DA_UTILIZA%C3%87%C3%83O_DE_CONTAINERS_NA_CONSTRU%C3%87%C3%83O_CIVIL.pdf 1.
6. MAZINI, M. J. B. Uso de contêineres na construção civil. **Revista Científica Semana Acadêmica, Fortaleza**, CE, v. 10, mar. 2022.
7. ULTRAMARI, I. S. **Habitação emergencial para desastres naturais**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Graduação - Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2018.
8. **Glossário**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projetee/glossario/?letra=I>. Acesso em: 11 oct. 2024.
10. FUNCHAL, M. Panorama da Movimentação de Cargas Marítimas. In: MARCIO FUNCHAL. **Marcio Funchal**. 9 ago. 2023. Disponível em: <https://www.marciofunchal.com.br/post/panorama-da-movimenta%C3%A7%C3%A3o-de-cargas-mar%C3%ADtimas>
11. NÓBREGA, R. S. Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Köppen até Strahler. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s.l.], v. 3, n. 1, p. 18, Jun. 2010.
12. MACIEL, Ana Carolina Fernandes. **Análise da demanda energética para climatização de fachadas ventiladas para regiões climáticas brasileiras**. 2018. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) — Universidade de Brasília, Brasília, 2018.
13. DA COSTA, B. B. F. et al. Simulação e análise de isolantes térmicos aplicados a abrigos temporários pós-desastres em países tropicais. **Designs**, v. 7, n. 3, p. 64, 2023.
14. VAZ, C. F. **Contribuições da integração BIM/BES para análises de desempenho térmico e conservação de livros em bibliotecas icônicas**. 2022. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

PALAVRAS-CHAVE: contêineres, desempenho térmico, estratégias bioclimáticas, habitações emergenciais, zonas bioclimáticas

¹ Universidade Federal de Uberlândia, larissa.mata@ufu.br

² Universidade Federal de Uberlândia, anamacieli@ufu.br

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro, bruno.barzellay@macae.ufrrj.br