



Conforto térmico de uma unidade habitacional em contêiner marítimo na cidade do Rio de Janeiro

Thermal comfort of a housing unit in a maritime container in the city of Rio de Janeiro

Tamara Damasceno da Cunha Carelli¹ <https://orcid.org/0000-0003-4434-019X>

Sylvia Meimaridou Rola¹ <https://orcid.org/0000-0001-6321-8857>

Resumo

A construção civil tem buscado maneiras alternativas de ser uma atividade cada vez mais sustentável e menos nociva ao meio ambiente. A partir deste questionamento iniciou-se a busca por soluções plausíveis como novas tecnologias construtivas ou simplesmente materiais mais sustentáveis. Neste sentido, tem-se o surgimento da construção com contêiner marítimo, cuja destinação é modificada e, ao invés de ser um resíduo em cidades portuárias ao longo do mundo o contêiner marítimo é adaptado e se torna um módulo habitável para construção de diferentes tipologias arquitetônicas. Entretanto, para que o contêiner seja capaz de se tornar uma edificação habitável é necessário que sofra alterações, visto que foi construído para a acomodação de produtos do transporte aquaviário. Dentro destas alterações, a mais significativa é a sua adequação térmica, visto que o contêiner é uma caixa de aço *corten*, que é um excelente condutor térmico. Então, uma edificação construída a partir de um contêiner marítimo, será obrigada a utilizar de revestimentos térmicos que suportem o clima e tornem o ambiente minimamente confortável. Assim, este estudo pretende a partir de uma simulação computacional realizada no *software EnergyPlus*, analisar o desempenho térmico dos materiais utilizados nos revestimentos de uma unidade habitacional em contêiner marítimo localizada na cidade do Rio de Janeiro (RJ). Baseado nos resultados obtidos com a simulação computacional observou-se que os revestimentos utilizados são insuficientes para manter a temperatura interna menor comparado à temperatura externa. Sendo assim, os revestimentos são incapazes de atender as recomendações da NBR 15575 (de 2013) para a Zona Bioclimática 8.

Palavras-chave: Conforto Térmico. Contêiner Marítimo. *Energyplus*. Simulação Computacional.

Abstract

Civil construction has been looking for alternative ways of being an activity that is increasingly sustainable and less harmful to the environment. From this questioning began the search for plausible solutions such as new construction technologies or simply more sustainable materials. In this sense, there is the emergence of construction with maritime container, whose destination is modified and,

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura. Av. Pedro Calmon, 550/sala 433, Prédio da Reitoria, Ilha do Fundão, 21941-590, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: T. D. C. CARELLI. E-mail: tamara.carelli@fau.ufrj.br.

instead of being waste in ports in cities throughout the world, the maritime container is adapted and becomes a habitable module for construction of different types architectural. However, for the container to be able to become a habitable building, it needs to undergo changes, as it was built to accommodate waterway transport products. Among these changes, the most significant is its thermal suitability, as the container is a corten steel box, which is an excellent thermal conductor. So, a building built from a maritime container will be required to use thermal coatings that support the climate and make the environment minimally comfortable. Thus, this study intends, from a computer simulation carried out in the EnergyPlus software, to analyze the thermal performance of the materials used in the coverings of a housing unit in a maritime container located in the city of Rio de Janeiro (RJ). Based on the results obtained with computer simulation, it was observed that the coatings used are insufficient to keep the internal temperature lower compared to the external temperature. Therefore, the coatings are unable to meet the recommendations of NBR 15575 (of 2013) for Bioclimatic Zone 8.

Keywords: Thermal Comfort. Shipping Container. Energyplus. Computer Simulation.

Introdução

A construção civil é uma das atividades econômicas menos sustentáveis atualmente. Desde a extração de recursos naturais para a fabricação dos diversos materiais utilizados na construção civil até o fim de seu processo com o entulho gerado nas inúmeras obras, criando toneladas de resíduos. Desta forma, esta atividade tornou-se uma das mais agressivas ao meio ambiente, consumindo a maior parte dos recursos naturais do planeta, em torno de 15% a 50% (Viana, 2018).

Tratando-se da geração de resíduos oriundos da construção civil, o Brasil é um dos maiores contribuintes devido à metodologia construtiva convencional aplicada em grande parte do país, que constitui em alvenarias, argamassa e concreto armado moldado in loco. No ano de 2013, houve um aumento de 4,6% na quantidade de resíduos da construção civil coletados em municípios brasileiros, o que corresponde a aproximadamente 117 mil toneladas coletadas por dia (Corte; Dornelles; Fernandes, 2020).

Problemáticas como a extração exacerbada de recursos naturais e a geração de resíduos fomentam a busca de materiais alternativos que sejam mais sustentáveis para a construção. Nos últimos anos o reaproveitamento do contêiner marítimo tem sido uma destas alternativas sustentáveis. A caixa metálica utilizada no transporte marítimo passar a ser uma tecnologia construtiva interessante que alia o reaproveitamento de um resíduo e diminui a extração de recursos naturais, além de proporcionar uma obra mais rápida, limpa e seca (Carbonari, 2015).

É de extrema importância estudar novas tecnologias construtivas e, o contêiner marítimo é uma alternativa dentro deste campo. Portanto, é necessário compreender como este material se comporta, as adaptações que deva sofrer, uma vez que ele fora criado para outra finalidade. Neste estudo será observado especificamente o desempenho térmico do contêiner e seus isolamentos utilizados.

Tratando-se do contêiner marítimo como armazenador no transporte naval, ele circula pelo mundo inteiro em navios, com origens em diferentes países. Possuindo vida útil muito curta dentro deste setor, durando no máximo 15 anos. Com isso, os diversos contêineres são abandonados nos portos das cidades litorâneas ao redor do mundo, gerando uma grande quantidade de resíduos. Apesar de sua origem ser oriunda de diversos países diferentes, o contêiner marítimo possui uma padronização em suas dimensões que obedece a normas *International Organization for Standardization* (ISO) (Viana, 2018). Esta padronização permite que um contêiner marítimo possua as mesmas dimensões independente do país que seja fabricado. Devido a esta padronização o contêiner marítimo traz como vantagens a transportabilidade e capacidade de empilhamento. O que permite a execução da obra em uma localidade diferente de onde o edifício realmente será situado (Iriarte, 2017).

Por outro lado, o contêiner marítimo possui desvantagens, principalmente a respeito do seu aspecto térmico. O contêiner marítimo é uma caixa de chapa metálica, em aço *corten*, que é um condutor térmico de alta capacidade, aquecendo e resfriando com extrema velocidade e exigindo isolamentos térmicos. Garrido (2015) afirma que o contêiner tem em sua construção a ausência de partes necessárias como isolamento termoacústico, inércia térmica, revestimentos etc. e, portanto, suas condições de habitabilidade são muito piores do que as oferecidas por um edifício convencional, por isso é de extrema importância entender as condições térmicas do contêiner marítimo como tecnologia construtiva.

Este artigo tem como objetivo analisar o desempenho térmico dos revestimentos de uma unidade habitacional em contêiner marítimo na cidade do Rio de Janeiro, localizada na Zona Bioclimática 8, conforme a divisão disposta NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005). Esta análise se dá a partir de uma simulação computacional, através do programa computacional *EnergyPlus*, versão 9.4.0. Atentando-se para eficiência térmica dos materiais isolantes utilizados diante da temperatura média dos dias mais críticos, com temperaturas mais elevadas, em cada mês do verão.

Fundamentação teórica

Silva (2018) afirma que a maior dificuldade enfrentada na construção em contêiner está relacionada ao conforto acústico e térmico. Como a materialidade predominante do contêiner é o aço *corten* sua inércia térmica é alta, sendo extremamente desfavorável para as condições mínimas de habitabilidade conduzindo muito bem termicamente, ao mesmo tempo que é um péssimo isolante acústico. Garrido (2015) afirma que não há como o contêiner ser um módulo habitável sem que exista uma mínima adaptação com isolantes térmicos para que ele seja uma futura edificação confortável ambientalmente para o usuário.

Quando exposto à radiação solar o contêiner esquenta de forma muito abrupta aumentando rapidamente suas temperaturas internas e, da mesma forma, elas esfriam quando a radiação solar

desaparece ou é baixa. Em ambas as situações, as temperaturas internas atingem um cenário pior que as temperaturas externas, causando um desconforto térmico ao usuário como ilustra a Figura 1 (Garrido, 2015).

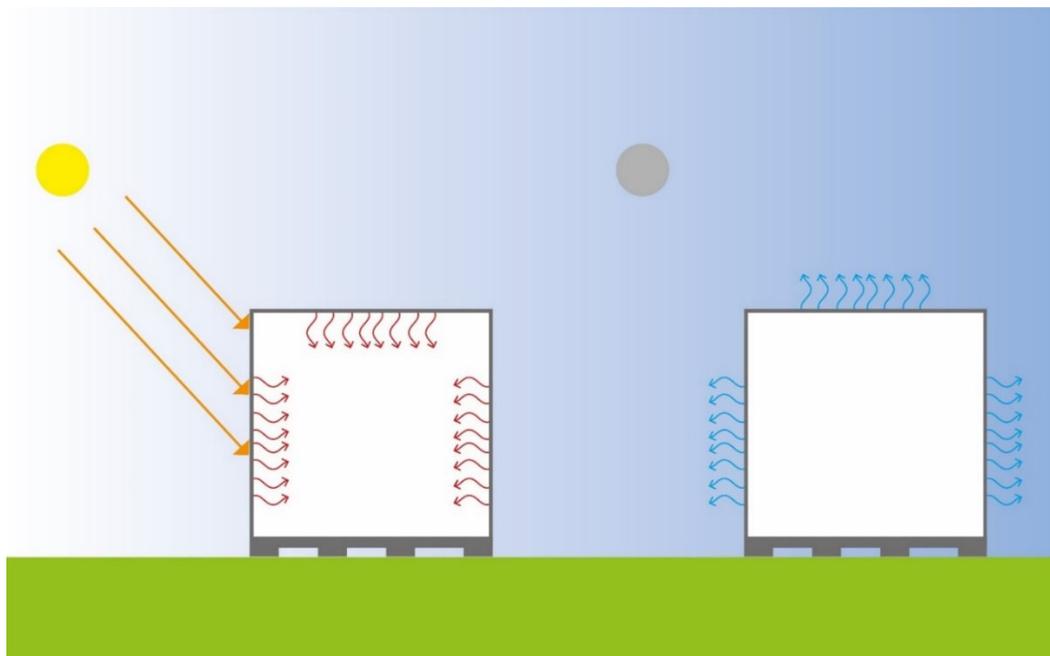


Figura 1 – Comportamento térmico do contêiner.

Fonte: Elaborada pela autora Tamara Carelli (2021), com base em Garrido (2015).

O contêiner marítimo como todo material utilizado para construção de edificações, possui aspectos positivos e negativos. A grande característica que o torna tão útil para a arquitetura são suas dimensões padronizadas que o enquadra no campo da arquitetura modular. Conseqüentemente outros aspectos positivos são: sua transportabilidade, sua robustez estrutural, uma menor geração de resíduos, proporcionando uma obra mais limpa, rápida e barata.

Todavia, ele possui aspectos negativos, justamente suas dimensões padronizadas podem limitar determinada tipologia arquitetônica. Entre outros aspectos negativos tem-se: seu mau desempenho térmico e acústico, possibilidade de contaminação devido ao transporte de cargas químicas e mão-de-obra especializada e mais cara.

Materiais e Métodos

A metodologia adotada foi a simulação computacional de um estudo de caso realizada no *EnergyPlus* versão 9.4.0, programa indicado pela NBR 15575 – Edificações habitacionais: Desempenho. Segundo a NBR 15575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013), é necessário considerar dias típicos de verão no procedimento de simulação, e, visto que a cidade do Rio de Janeiro se encontra na Zona Bioclimática 8, segundo a NBR 15220 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005), exclui-se a simulação dos dias típicos de inverno. Desta forma, escolheu-se os dias com as piores médias diárias de cada mês correspondente ao período da estação do verão.

Sendo assim, iniciou-se o processo de simulação com o desenho da planta baixa da unidade no *AutoCAD* 2021, seguido da importação para *SketchUp* 2018 para a realização da modelagem das zonas térmicas auxiliado pelo plugin do *OpenStudio* 3.1.0. Nesta etapa, a unidade é modelada dividindo suas zonas térmicas, uma no caso deste projeto, diferenciando as esquadrias, entre janelas e portas, além do piso e cobertura.

Finalizando a etapa de inserção de dados e configuração de materiais, ainda no *OpenStudio*, tais informações são exportadas para o *EnergyPlus* gerando os dados que formam planilhas no Excel e em seguida o gráfico com os resultados.

Os dados externos foram obtidos através do banco de dados oferecido pelo próprio *EnergyPlus*, baseados nas estações meteorológicas da cidade do Rio de Janeiro, no caso deste estudo, os dados são referentes à Estação do Aeroporto do Galeão (SBGL), localizado na Ilha do Governador.

O lugar

O presente estudo trabalhará com uma unidade habitacional do projeto em contêiner marítimo, intitulado Casa Mãe. O projeto está alocado na área da Ilha do Fundão – Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ, precisamente na Vila Residencial dos Funcionários da UFRJ (Figura 2). Ela está ao lado do Parque Tecnológico do Rio, e é margeada pela Baía da Guanabara, tendo como vizinhos os bairros Maré e Caju e proximidade e fácil acesso à Ilha do Governador. Esta área possui cerca de 20 mil m² e 750 famílias (Fernandes *et al.*, 2017).

O terreno apresenta um deslocamento de 35° em relação ao norte, desta forma, o estudo solar e de sombreamento (Figura 2) demonstra como a área onde a unidade habitacional está implantada recebe sol em grande parte do dia. Além da fachada sudeste estar livre sem qualquer obstrução, permitindo a entrada dos ventos que vem da direção da Baía de Guanabara.

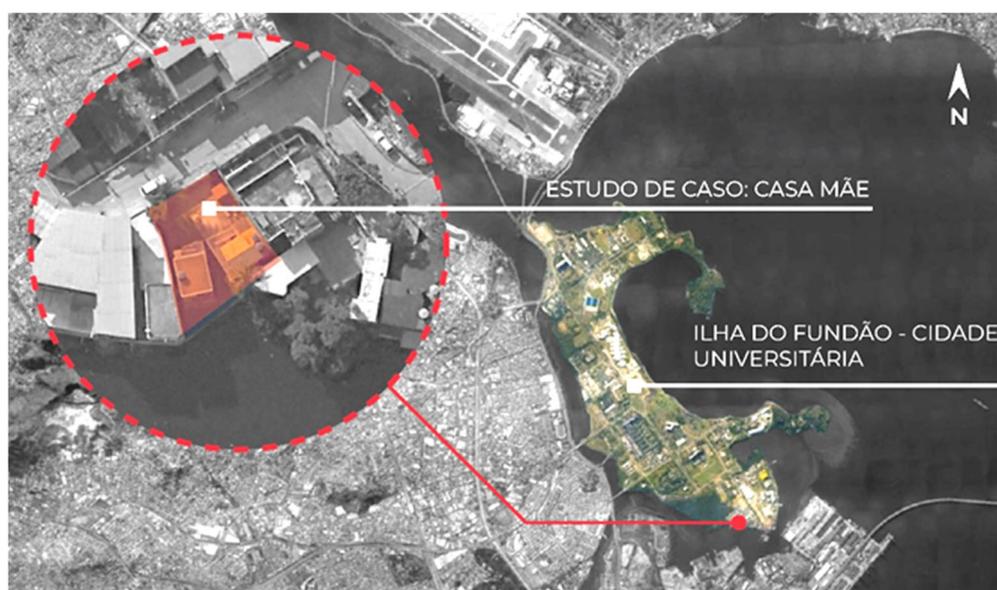


Figura 2 – Localização do projeto Casa Mãe.

Fonte: *Google Earth* (2018), adaptado pela autora Tamara Carelli (2021).

Foi realizado um estudo de insolação e sombreamento (Figura 3) utilizando a modelagem 3D do *software SketchUp*. Considerando os dias de solstícios de verão (21 de dezembro) e inverno (21 de junho), e, os dias de equinócio de outono (20 de março) e primavera (22 de setembro), nos seguintes horários: 8 horas, 12 horas e 16 horas.

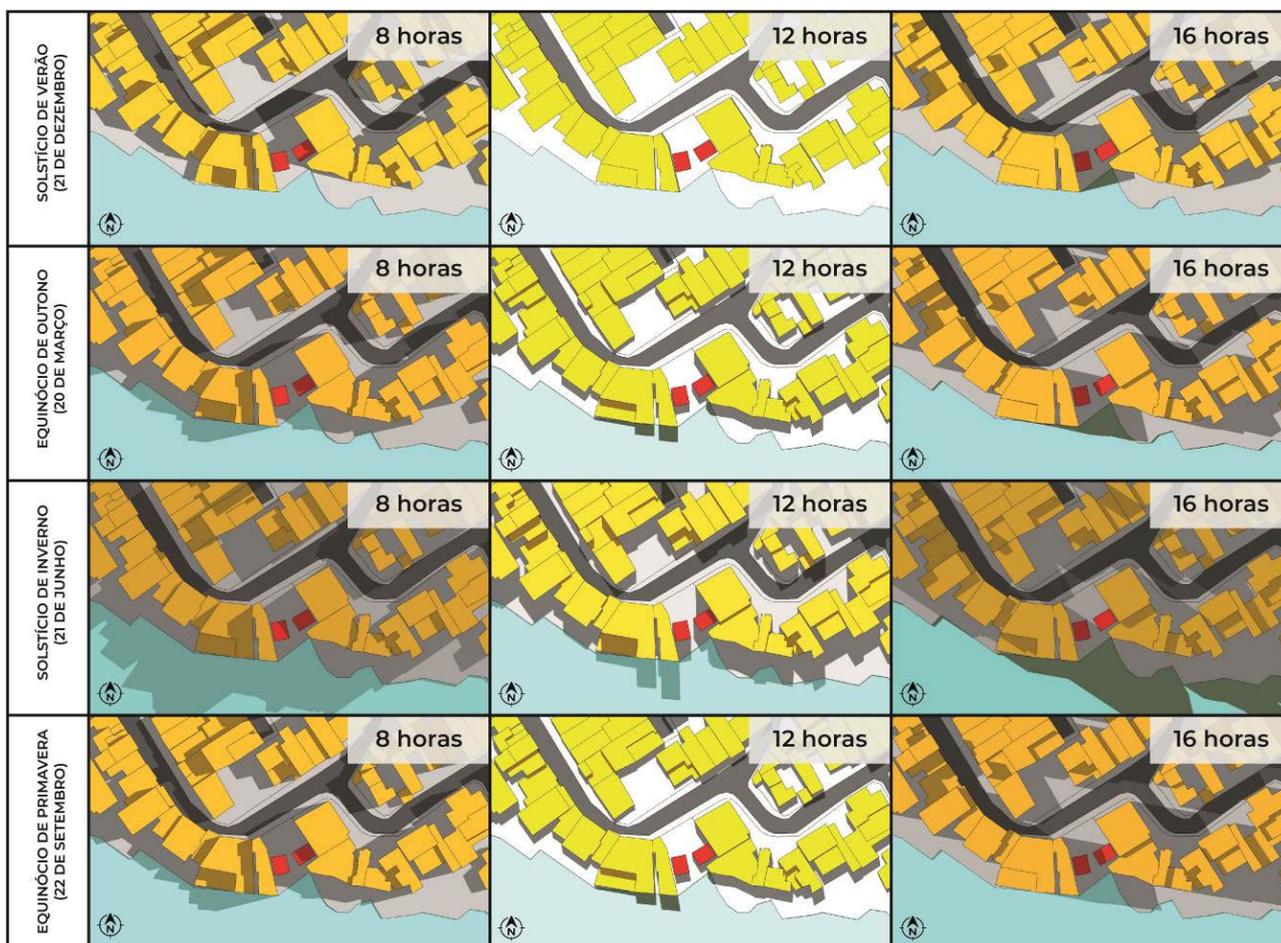


Figura 3 – Localização do projeto Casa Mãe.
Fonte: Elaborado pelas autoras (2021).

A implantação (Figura 4) permite observar algumas características do entorno: os terrenos vizinhos possuem ocupação quase total das edificações, o que impossibilita uma radiação direta nos ambientes interiores das edificações, assim como prejudica a ventilação natural; possui poucas áreas impermeáveis; a proximidade das edificações permite uma maior troca de calor entre elas. Tratando-se do terreno do estudo de caso observou-se que a edificação indicada possui a pior orientação, tendo as maiores fachadas voltadas para noroeste e a cobertura com insolação direta, tornando-se um caso crítico porque a edificação não possui nenhum tipo de proteção externa.



Figura 4 – Localização do projeto Casa Mãe.
Fonte: Elaborada pela autora Tamara Carelli (2021).

Este projeto foi selecionado devido à facilidade de acesso local e às informações, além de estar alocado em um microclima diferenciado devido às características climáticas e morfológicas do entorno urbano. Isto pôde ser observado devido a uma visita de campo ocorrida no dia 29 de outubro de 2020 por volta das 11:30 da manhã com um clima quente, bastante ensolarado, porém com uma corrente de vento recorrente originária da Baía de Guanabara.

O objeto arquitetônico

O projeto Casa Mãe (Figura 5) é composto por duas edificações de pequeno porte com dois pavimentos cada uma. Totalizando 5 unidades habitacionais, 1 espaço de trabalho e 1 área coletiva. Em um dos edifícios concentram-se 4 unidades habitacionais com quarto, uma pia e um banheiro, cada unidade comporta até 2 pessoas. Neste edifício as unidades estão distribuídas em par, duas a duas, cada par em um pavimento.

O projeto utilizou 8 contêineres do tipo *Standard Dry* de 20' (vinte pés). Este tipo de contêiner possui 2,43m x 6,05m x 2,59m (LxCxA) como dimensões. Com isso, cada unidade habitacional possui aproximadamente 15m² de área total.

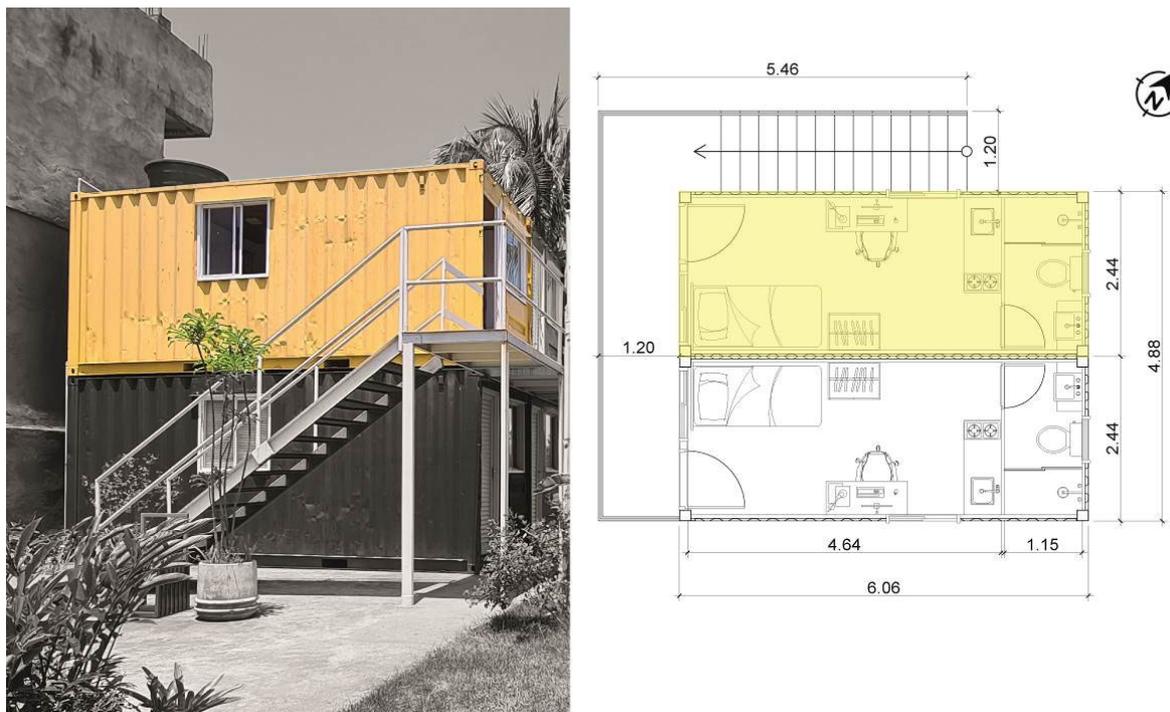


Figura 5 – Projeto Casa Mãe.
Fonte: Elaborada pela autora Tamara Carelli (2015).

Em virtude de uma compreensão melhor a respeito do projeto foi autorizada a entrada na unidade habitacional estudada neste artigo. Este acesso possibilitou observar a área externa e interna, atentando-se para as boas condições dos contêineres. Entretanto, não havia nenhum tipo de proteção solar tanto nas janelas quanto na cobertura, o único revestimento externo é a camada de pintura. Logo, a unidade escolhida corresponde aos critérios de edifícios multipavimentos sem proteção na cobertura, como recomenda a NBR 15575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013). Além de estar implantada paralelamente à testada do terreno, o que implica nos mesmos 35° em relação ao norte. Sua fachada noroeste compreende o comprimento longitudinal do contêiner marítimo, ou seja, é a maior área que recebe insolação direta. Além de não receber os ventos à sudeste, oriundos da Baía de Guanabara e com sua cobertura desprotegida.

Simulação

A simulação foi realizada no *OpenStudio* e os dados lidos no *EnergyPlus*. Os gráficos foram gerados no *Excel*. As zonas térmicas por sua vez correspondem ao cômodo habitável da unidade que corresponde ao ambiente quarto/sala.

Os materiais adotados são equivalentes aos existentes na unidade habitacional. Para que seja possível a realização da simulação, é preciso obter as propriedades térmicas de todos os materiais, que foram retiradas da NBR 15220-2 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005), conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Propriedades térmicas dos materiais.

Materiais	Densidade de massa aparente (kg/m ³)	Condutividade térmica (W/ (m.K))	Calor específico (kJ/(kg.K))	Espessura (m)
Aço	7800	0,55	0,46	0,0020
Compensado Naval	450-550	0,15	2,30	0,0200
Gesso Cartonado	750-1000	0,35	0,84	0,0125
Lã de Vidro	10-100	0,045	0,70	0,0500
OSB	450-550	0,12	2,30	0,0950

Fonte: Adaptado pelas autoras (2021), com base em NBR 15220-2 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005).

Resultados e Discussão

O cenário adotado para a obtenção dos resultados foi a escolha de dias críticos em cada mês do verão, selecionando as médias diárias com temperaturas mais elevadas e comparando o ambiente interno (zona térmica) com o meio externo (bulbo seco).

A Figura 6 apresenta, de acordo com a base de dados utilizada pela simulação do *EnergyPlus*, o dia 10 de janeiro, 22 de fevereiro, 15 de março e 26 de dezembro, como os dias com as temperaturas médias diárias mais elevadas durante o verão. A partir do resultado é notória insuficiência dos revestimentos utilizados na unidade habitacional, atentando-se para os meses de janeiro e dezembro, cuja diferença entre as temperaturas externas e internas são de aproximadamente 6°C.

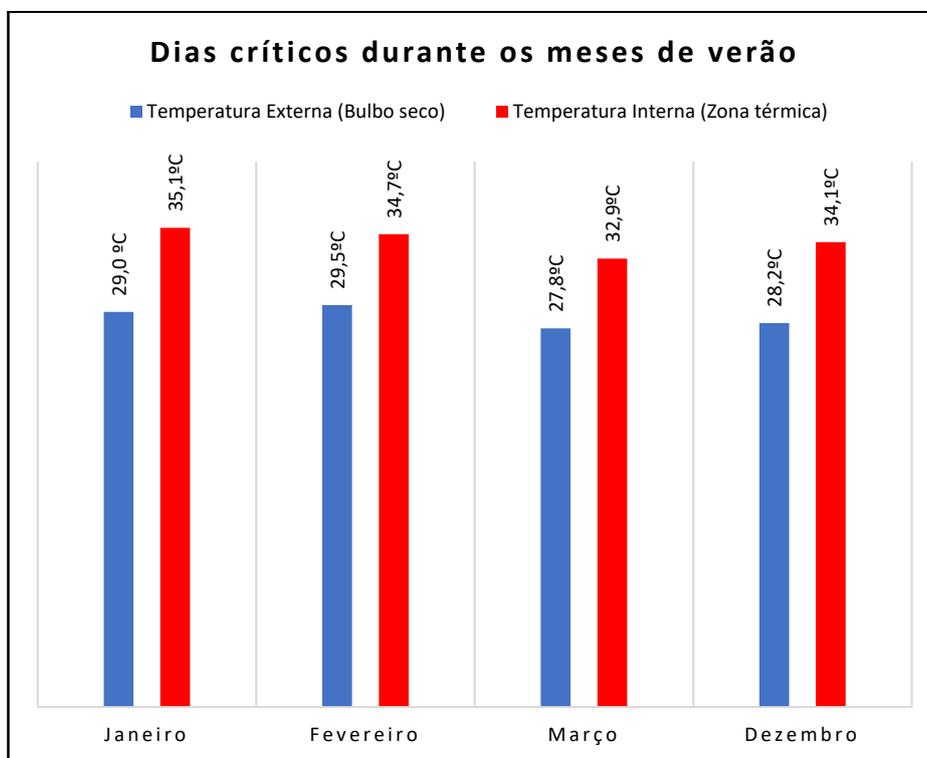


Figura 6 – Comparação da temperatura externa e da temperatura interna da unidade habitacional.

Fonte: Elaborada pela autora Tamara Carelli (2021).

Conclusão

A partir dos resultados desta primeira simulação possibilitou observar que os isolamentos não são suficientes para manter a temperatura interna mais fria que a temperatura externa. Tratando-se do clima tropical quente e úmido da cidade do Rio de Janeiro os revestimentos demonstram ser insuficientes.

Segundo a NBR 15575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013), a unidade habitacional simulada não atende o conforto mínimo durante a estação do verão, porque a temperatura interna é maior que a externa, e segundo a norma a temperatura interna deve ser menor ou igual à temperatura externa. Ademais, a implantação da unidade é equivocada, no que se refere à orientação solar, com a fachada longitudinal voltada para noroeste e sua cobertura sem proteção, apenas com o revestimento interno. Este fator corrobora para um desempenho térmico ruim.

A simulação realizada neste artigo teve um caráter simples considerando apenas a diferença de temperaturas internas e externas. Como desdobramento deste estudo, pretende-se realizar simulações com diferentes materiais de revestimento, elementos de sombreamento, adição de revestimentos externos e variações na implantação da unidade.

Assim, ao avaliar diferentes cenários, busca-se aproximar a edificação ao cenário ideal, onde a unidade habitacional seja capaz de proporcionar mais conforto para o usuário.

Colaboração

T. D. C. CARELLI colaborou com a discussão sobre o contêiner marítimo e a geração de resíduos, na busca das ferramentas para a execução da simulação térmica, elaboração das imagens e na discussão dos resultados. S. M. ROLA colaborou com a escolha do objeto arquitetônico e levantamento de informações sobre ele, assim como auxílio na bibliografia adequada e na supervisão da pesquisa de Mestrado Acadêmico e revisão final do artigo.

Referências

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações: Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações*. [S.l.]: ABNT, 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15575-1: Edificações habitacionais: desempenho Parte 1: Requisitos gerais*. [S.l.]: ABNT, 2013.

Carbonari, L. *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.

Corte, P.; Dornelles, J.; Fernandes, F. Geração De Resíduos Em Obras Da Construção Civil Com A Utilização Do Sistema Steel Framing. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, v. 7, n. 2, 2020.

Fernandes, L. *et al.* Ilha do fundão, RJ: a Vila Residencial e a relação com a concentração de atividades de PD&I. *Revista Ensaios*, v. 11, p. 33-49, 2017.

Garrido, L. *Green container architecture*. Barcelona: Monsa, 2015. v. 3.

Iriarte, F. *Proposta de edificação residencial modular em contêiner na cidade do Rio de Janeiro*. 2017.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Silva, M. *Edificações construídas a partir de contêineres marítimos: estudos de caso na região central de Minas Gerais*. 2018. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

Viana, F. *Análise de desempenho térmico em módulo de contêiner marítimo*. 2018. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

Como citar este artigo/*How to cite this article*

Carelli, T. D. C.; Rola, S. M. Conforto térmico de uma unidade habitacional em contêiner marítimo na cidade do Rio de Janeiro. *Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares*, v. 3, e225526, 2022. <https://doi.org/10.24220/2675-7885v3e2022a5526>

Recebido em 10 de dezembro de 2021, versão final em 21 de maio de 2022, aprovado em 1 de junho de 2022.